

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-050900

(43)Date of publication of application : 15.02.2002

(51)Int.Cl.

H05K 13/04

(21)Application number : 2000-237681

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 04.08.2000

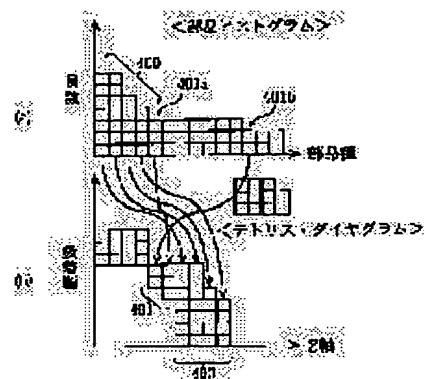
(72)Inventor : MAENISHI YASUHIRO
YOSHIDA IKUO
MORIMOTO MASAMICHI
KANEMICHI TOSHIKI
SHIDA TAKEHIKO

(54) METHOD AND APPARATUS FOR OPTIMIZING MOUNTING ORDER OF PART AND PART MOUNTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for optimizing the part mounting order suitable for a part mouter comprising a work head for mounting a plurality of parts on a board by sucking.

SOLUTION: In the case of a mouter comprising a work head sucking not more than four parts, all parts to be optimized are arranged in units of the type of part, i.e., the collection of the same type of parts, in the order of the number of parts thus generating a part histogram (Fig. 14 (a)). A partial histogram 400 is then taken out from the generated histogram and arranged on two-dimensional coordinates where the abscissa (Z axis) represents the arrangement of part cassette and the ordinate represents the number of suction times of the work head. Furthermore, partial histograms 401a, b are arranged to generate a histogram where the width (number of parts) in the direction of abscissa becomes 4 (Fig. 14(b)).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3466141

[Date of registration]

29.08.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

This Page Blank (uspto)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-50900

(P2002-50900A)

(43) 公開日 平成14年2月15日 (2002.2.15)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 5 K 13/04

識別記号

F I

H 0 5 K 13/04

テーマコード(参考)

Z 5 E 3 1 3

審査請求 未請求 請求項の数37 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2000-237681(P2000-237681)

(22) 出願日 平成12年8月4日(2000.8.4)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 前西 康宏

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 吉田 幾生

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100090446

弁理士 中島 司朗 (外1名)

最終頁に続く

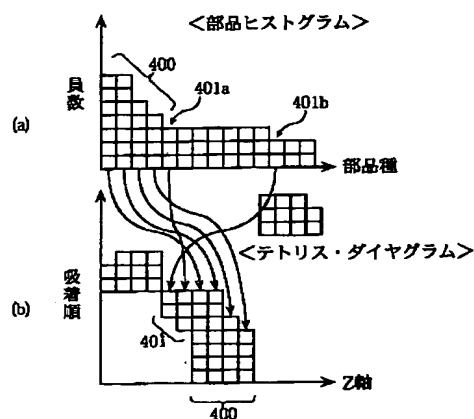
(54) 【発明の名称】 部品実装順序最適化方法、その装置及び部品実装装置

(57) 【要約】

【課題】 複数の部品を吸着して基板に装着する作業ヘッドを備える部品実装装置に好適な部品実装順序の最適化方法等を提供する。

【解決手段】 最大4個の部品を吸着し作業ヘッドを備える実装装置を対象とした場合に、最適化の対象となる全ての部品を、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べることにより、部品ヒストグラムを生成し(図14

(a))、生成された部品ヒストグラムから、その一部である部分ヒストグラム400を取り出して、部品カセットの並びを横軸(Z軸)、作業ヘッドによる吸着回数を縦軸とする2次元座標に配置し、さらに、部分ヒストグラム401a、bを配置することにより、横軸方向の幅(部品数)が4となるダイアグラムが生成されるようにする(図14(b))。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品を、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べることにより、部品ヒストグラムを生成するヒストグラム生成ステップと、生成された部品ヒストグラムから、その一部である部分ヒストグラムを取り出して、前記部品カセットの並びを横軸、前記作業ヘッドによる吸着回数を縦軸とする2次元座標に配置していくことを繰り返すことにより、前記2次元座標上に配置された部分ヒストグラムの集まりによって形成されるダイアグラムの横軸方向の幅が、そのいずれの箇所においても、 n 又は n の整数倍の個数の部品となるようなダイアグラムの生成を目指すダイアグラム生成ステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【請求項2】 前記ダイアグラム生成ステップは、前記ヒストグラム生成ステップで生成された部品ヒストグラムから、連続して並ぶ n 個の部品種に相当する部分ヒストグラムを取り出し、前記横軸上に配置する第1配置ステップと、配置された前記部分ヒストグラムにおける横軸方向の幅が n 個の部品に満たない箇所について、その幅が n 個の部品に近づくように、前記部品ヒストグラムから、残っている部品種の部分ヒストグラムを取り出し、前記第1配置ステップで配置された部分ヒストグラムに隣接する位置に配置する第2配置ステップとからなることを特徴とする請求項1記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項3】 前記第1及び第2配置ステップによる部分ヒストグラムの取り出しと配置とを、前記ヒストグラム生成ステップで生成された部品ヒストグラムがなくなるまで繰り返すことを特徴とする請求項2記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項4】 前記第2配置ステップでは、前記第1配置ステップで配置された部分ヒストグラムを構成する部品種ごとの員数における最大値と最小値との差を越えない員数の部品からなる部品種の部分ヒストグラムだけを取り出すことを特徴とする請求項3記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項5】 前記第2配置ステップでは、前記第1配置ステップで配置された部分ヒストグラムを構成する部品種ごとの員数における最大値と最小値との差を越える員数の部品からなる部品種の部分ヒストグラムを少なくとも1つ取り出すことを特徴とする請求項3記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項6】 前記ダイアグラム生成ステップは、前記ヒストグラム生成ステップで生成された部品ヒスト

グラムから、部品の員数が少ない部品種が先に無くなっていく順に、横軸方向に連続して並ぶ n 個の部品に相当する部分ヒストグラムを、取り出すことができなくなるまで、繰り返して取り出し、前記2次元座標の対応する位置に配置する第1配置ステップと、

前記第1配置ステップによる取り出し後における前記部品ヒストグラムを、横軸上の幅が n 個の部品となるようなダイアグラムの生成を目指して、前記2次元座標の対応する位置に配置する第2配置ステップとからなることを特徴とする請求項1記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項7】 前記第2配置ステップは、前記第1配置ステップによる取り出し後における部品ヒストグラムを、部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べることにより、部品ヒストグラムを再生成するステップと、

再生成された部品ヒストグラムから、部分ヒストグラムを取り出して、前記2次元座標の対応する位置に配置していくことを繰り返すことにより、前記2次元座標上に配置された部分ヒストグラムの集まりによって形成されるダイアグラムの横軸方向の幅が、そのいずれの箇所においても、 n 個の部品となるようなダイアグラムを生成するステップと、

生成されたダイアグラムを、同一部品種の部分ヒストグラムが横軸上の同一位置となるように、前記第1配置ステップで配置された2次元座標上の部分ヒストグラムに積み重ねるステップとからなることを特徴とする請求項1記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項8】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する装置であって、最適化の対象となる全ての部品を、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べることにより、部品ヒストグラムを生成するヒストグラム生成手段と、

生成された部品ヒストグラムから、その一部である部分ヒストグラムを取り出して、前記部品カセットの並びを横軸、前記作業ヘッドによる吸着回数を縦軸とする2次元座標に配置していくことを繰り返すことにより、前記2次元座標上に配置された部分ヒストグラムの集まりによって形成されるダイアグラムの横軸方向の幅が、そのいずれの箇所においても、 n 又は n の整数倍の個数の部品となるようなダイアグラムの生成を目指すダイアグラム生成手段とを含むことを特徴とする部品実装順序最適化装置。

【請求項9】 部品を収納した複数の部品カセットの並びと、その並びから、最大 n 個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドとを備える実装装置であって、前記複数の部品カセットそれぞれは、同一種類の複数の部品を収納しており、

前記複数の部品カセットは、その並びを横軸、収納している部品のうち実装に用いられる部品の個数を縦軸とする2次元座標上のヒストグラムで表現した場合に、ヒストグラムの外形を示すダイヤグラムの横軸方向の幅が、そのいずれの箇所においても、 n 又は n の整数倍の個数の部品となるように、並べられていることを特徴とする部品実装装置。

【請求項10】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、部品の実装順序を最適化するプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記プログラムは、

最適化の対象となる全ての部品を、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べることにより、部品ヒストグラムを生成するヒストグラム生成ステップと、

生成された部品ヒストグラムから、その一部である部分ヒストグラムを取り出して、前記部品カセットの並びを横軸、前記作業ヘッドによる吸着回数を縦軸とする2次元座標に配置していくことを繰り返すことにより、前記2次元座標上に配置された部分ヒストグラムの集まりによって形成されるダイヤグラムの横軸方向の幅が、そのいずれの箇所においても、 n 又は n の整数倍の個数の部品となるようなダイヤグラムの生成を目指すダイヤグラム生成ステップとを含むことを特徴とする記録媒体。

【請求項11】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する方法であって、

作業ヘッドによる部品の吸着・移動・装着という一連の動作の繰り返しにおける1回分の一連動作によって実装される部品群をタスクとする複数のタスクの並びからなるタスクグループを生成するタスクグループ生成ステップと、

生成されたタスクグループそれぞれについて、同一種類の部品の集まりを部品種とした場合における各タスクを構成する部品種の組合せを変更することなく、そのタスクグループを構成する全ての部品の実装に要する時間が最小となるように、部品の実装順序を入れ替える部品入替ステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【請求項12】 前記部品入替ステップは、

同一部品種の異なる2つの部品をランダムに選択するステップと、

選択された2つの部品の実装順序を入れ替えることによって、これら2つの部品が属するタスクグループの前記時間が小さくなるか否かを判断するステップと、

前記時間が小さくなると判断された場合に、それら2つの部品の実装順序を入れ替えるステップとからなること

を特徴とする請求項11記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項13】 前記部品入替ステップは、

同一の部品種の組合せからなる2つのタスク間において、連続して基板に装着される複数の部品群どうしを入れ替えることによって、これら2つのタスクが属するタスクグループの前記時間が小さくなるか否かを判断するステップと、

前記時間が小さくなると判断された場合に、それら2つの部品群が属するタスクを入れ替えるステップとからなることを特徴とする請求項11記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項14】 前記部品入替ステップは、

同一の部品種の組合せからなる2つのタスク間で生じる交差であって、同一のタスクに属し、かつ、隣接して吸着される2つの部品を直線で接続した場合に生じ得る2つのタスクそれぞれに属する直線による交差を検出するステップと、

検出された交差が解消されるように、前記2つのタスクそれぞれを構成する同一部品種の部品どうしを入れ替えるステップとからなることを特徴とする請求項11記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項15】 前記部品入替ステップでは、各タスクグループを構成するタスクの順序を変更することにより、部品の実装順序を入れ替えることを特徴とする請求項11記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項16】 前記部品入替ステップでは、一のタスクに属する全ての部品を基板に装着し終えてから次に実装すべきタスクに属する部品を吸着するために作業ヘッドが移動すべき距離が最小となるように、タスクの順序を変更することを特徴とする請求項15記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項17】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する装置であって、

作業ヘッドによる部品の吸着・移動・装着という一連の動作の繰り返しにおける1回分の一連動作によって実装される部品群をタスクとする複数のタスクの並びからなるタスクグループを生成するタスクグループ生成手段と、

生成されたタスクグループそれぞれについて、同一種類の部品の集まりを部品種とした場合における各タスクを構成する部品種の組合せを変更することなく、そのタスクグループを構成する全ての部品の実装に要する時間が最小となるように、部品の実装順序を入れ替える部品入替手段とを含むことを特徴とする部品実装順序最適化装置。

【請求項18】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を吸着し、基板に実装していく作業

ヘッドを備える実装装置を対象とし、部品の実装順序を最適化するプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記プログラムは、

作業ヘッドによる部品の吸着・移動・装着という一連の動作の繰り返しにおける1回分の一連動作によって実装される部品群をタスクとする複数のタスクの並びからなるタスクグループを生成するタスクグループ生成ステップと、

生成されたタスクグループそれぞれについて、同一種類の部品の集まりを部品種とした場合における各タスクを構成する部品種の組合せを変更することなく、そのタスクグループを構成する全ての部品の実装に要する時間が最小となるように、部品の実装順序を入れ替える部品入替ステップとを含むことを特徴とする記録媒体。

【請求項19】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大n個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する方法であって、

最適化の対象となる全ての部品について、とり得る実装順序それぞれを1つの状態とした場合の初期状態を第1状態として生成する初期化ステップと、

第1状態を暫定的に変更することにより、第2状態を生成する状態変更ステップと、

生成された第2状態に対応する実装順序に従って前記実装装置が全ての部品を実装することができ、かつ、それら全ての部品の実装に要する時間が第1状態における時間よりも小さいか否かを判断する判断ステップと、

前記実装装置が全ての部品を実装することができ、かつ、前記時間が第1状態における時間よりも小さいと判断された場合に、前記第2状態を新たな第1状態として、前記状態変更ステップ及び前記判断ステップを繰り返させて第1状態を更新していくことにより、部品の実装順序を最適化していく繰り返し制御ステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【請求項20】 前記状態変更ステップでは、予め定められた複数の種類の変更方法からランダムに選択した1つの方法を採用して、前記第1の状態を変更することを特徴とする請求項19記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項21】 前記状態変更ステップで選択され得る複数の変更方法には、作業ヘッドによる部品の吸着・移動・装着という一連の動作の繰り返しにおける1回分の一連動作によって実装される部品群をタスクとし、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とした場合における2つのタスクそれぞれに属する同一の部品種の部品それぞれを入れ替える方法が含まれることを特徴とする請求項20記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項22】 最適化の対象となる全ての部品は、一定範囲の高さの部品の集まりを1つの部品グループとする複数の部品グループに分類され、

前記状態は、前記複数の部品グループそれぞれについて、前記部品カセットの並びに配置するときの優先順序を示す優先順序パラメータと、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とした場合における同一部品グループに属する部品種の並びを示す部品種順序パラメータとを含む中間言語によって表現されていることを特徴とする請求項20記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項23】 前記状態変更ステップで選択され得る複数の変更方法には、前記複数の部品グループから2つの部品グループをランダムに選択し、それら部品グループの優先順序パラメータを入れ替える方法が含まれることを特徴とする請求項22記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項24】 前記状態変更ステップで選択され得る複数の変更方法には、同一の部品グループに属する複数の部品種から2つの部品種をランダムに選択し、それら部品種の部品種順序パラメータを入れ替える方法が含まれることを特徴とする請求項22記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項25】 前記状態変更ステップでは、対象となる全ての状態を複数のグループに分類した場合における前記第2状態が属するグループが、前記複数のグループそれぞれについて等しい確率となるように、前記第2状態を生成することを特徴とする請求項19記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項26】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大n個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する装置であって、

最適化の対象となる全ての部品について、とり得る実装順序それぞれを1つの状態とした場合の初期状態を第1状態として生成する初期化手段と、

第1状態を暫定的に変更することにより、第2状態を生成する状態変更手段と、

生成された第2状態に対応する実装順序に従って前記実装装置が全ての部品を実装することができ、かつ、それら全ての部品の実装に要する時間が第1状態における時間よりも小さいか否かを判断する判断手段と、

前記実装装置が全ての部品を実装することができ、かつ、前記時間が第1状態における時間よりも小さいと判断された場合に、前記第2状態を新たな第1状態として、

前記状態変更手段による第2状態の生成及び前記判断手段による判断を繰り返させて第1状態を更新していくことにより、部品の実装順序を最適化していく繰り返し制御手段とを含むことを特徴とする部品実装順序最適化装置。

【請求項27】 部品を収納した部品カセットの並びから、最大n個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、部品の実装順序を最適化するプログラムを記録したコンピュータ読み取り

可能な記録媒体であって、
前記プログラムは、
最適化の対象となる全ての部品について、とり得る実装順序それぞれを1つの状態とした場合の初期状態を第1状態として生成する初期化ステップと、
第1状態を暫定的に変更することにより、第2状態を生成する状態変更ステップと、
生成された第2状態に対応する実装順序に従って前記実装装置が全ての部品を実装することができ、かつ、それら全ての部品の実装に要する時間が第1状態における時間よりも小さいか否かを判断する判断ステップと、
前記実装装置が全ての部品を実装することができ、かつ、前記時間が第1状態における時間よりも小さいと判断された場合に、前記第2状態を新たな第1状態として、前記状態変更ステップ及び前記判断ステップを繰り返させて第1状態を更新していくことにより、部品の実装順序を最適化していく繰り返し制御ステップとを含むことを特徴とする記録媒体。

【請求項28】 部品を基板に実装する複数の実装装置の並びからなる生産ラインを対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品を、一定範囲の高さの部品の集まりを1つの部品グループとする複数の部品グループに分類する分類ステップと、
前記実装装置それぞれが、当該実装装置の下流に位置する実装装置により実装される部品が属する部品グループと同一又は高さの小さい部品グループに属する部品を実装するように、前記全ての部品それぞれを前記複数の実装装置のいずれかに振り分ける振り分けステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【請求項29】 前記複数の部品グループそれぞれは、部品の実装順序を入れ替える対象となり得る部品の集まりを1つのタスクグループとする1以上のタスクグループからなり、
前記振り分けステップでは、タスクグループの単位で前記部品を振り分けることを特徴とする請求項28記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項30】 前記振り分けステップは、対象となる全てのタスクグループを、高さの小さい部品グループに属するタスクグループから順に、前記生産ラインの上流から下流に向けて、前記複数の実装装置それぞれに振り分ける第1振り分けサブステップと、
前記第1振り分けサブステップによる振り分け後に、一の実装装置に振り分けられたタスクグループを当該実装装置の上流側又は下流側に隣接する実装装置に移動させることにより、前記第1振り分けサブステップによる振り分けを変更する第2振り分けサブステップとを含むことを特徴とする請求項29記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項31】 前記第2振り分けサブステップでは、

前記第1振り分けサブステップによる振り分け後において、前記複数の実装装置の中から、振り分けられた全ての部品の実装に要する時間が最小である実装装置と最大である実装装置とを特定し、

特定した2つの実装装置で挟まれた生産ラインの区間に位置する実装装置について、前記時間が最大である実装装置から最小である実装装置に向かう方向に、一の実装装置に振り分けられたタスクグループを当該実装装置に隣接する実装装置に移動させることを特徴とする請求項30記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項32】 前記第2振り分けステップでは、タスクグループを移動した場合における移動先の実装装置についての前記時間が前記最大の時間よりも小さい場合にだけ、当該タスクグループを移動させることを特徴とする請求項31記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項33】 前記振り分けステップは、さらに、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とする部品種の単位で、一の実装装置に振り分けられた部品種を当該実装装置の上流側又は下流側に隣接する実装装置に移動させることにより、前記第2振り分けサブステップによる振り分けを変更する第3振り分けサブステップを含むことを特徴とする請求項30記載の部品実装順序最適化方法。

【請求項34】 部品を基板に実装する複数の実装装置の並びからなる生産ラインを対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する装置であって、最適化の対象となる全ての部品を、一定範囲の高さの部品の集まりを1つの部品グループとする複数の部品グループに分類する分類手段と、
前記実装装置それぞれが、当該実装装置の下流に位置する実装装置により実装される部品が属する部品グループと同一又は高さの小さい部品グループに属する部品を実装するように、前記全ての部品それぞれを前記複数の実装装置のいずれかに振り分ける振り分け手段とを含むことを特徴とする部品実装順序最適化装置。

【請求項35】 部品を基板に実装する複数の実装装置の並びからなる生産ラインであって、
前記複数の実装装置それぞれは、当該実装装置で実装する部品を収納した部品供給部を備え、
前記複数の実装装置の部品供給部それぞれには、実装の対象となる全ての部品を、一定範囲の高さの部品の集まりを1つの部品グループとする複数の部品グループに分類した場合に、

前記実装装置それぞれが、当該実装装置の下流に位置する実装装置により実装される部品が属する部品グループと同一又は高さの小さい部品グループに属する部品を実装するように、前記全ての部品が振り分けられているを含むことを特徴とする生産ライン。

【請求項36】 部品を基板に実装する複数の実装装置の並びからなる生産ラインを対象とし、部品の実装順序

を最適化するプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記プログラムは、

最適化の対象となる全ての部品を、一定範囲の高さの部品の集まりを1つの部品グループとする複数の部品グループに分類する分類ステップと、

前記実装装置それぞれが、当該実装装置の下流に位置する実装装置により実装される部品が属する部品グループと同一又は高さの小さい部品グループに属する部品を実装するように、前記全ての部品それぞれを前記複数の実装装置のいずれかに振り分ける振り分けステップとを含むことを特徴とする記録媒体。

【請求項37】 部品を基板に実装する実装装置を対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する方法であって、

最適化の対象となる全ての部品を、部品の高さに基づいて、小部品グループと汎用部品グループとに分類する分類ステップと、

小部品グループに属する部品に対して、第1のアルゴリズムを用いて実装順序の最適化を行うステップと、汎用部品グループに属する部品に対して、前記第1のアルゴリズムとは異なる第2のアルゴリズムを用いて実装順序の最適化を行うステップとを含むことを特徴とする部品実装順序最適化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、部品実装装置によって電子部品をプリント配線基板等の基板に実装するときの最適な順序を決定する方法等に関し、特に、複数の部品を吸着して基板に装着する作業ヘッドを備える部品実装装置を対象とする部品実装順序の最適化に関する。

【0002】

【従来の技術】電子部品をプリント配線基板等の基板に実装する部品実装装置では、より短いタクト（実装時間）を実現するために、対象部品の実装順序について、最適化が行われる。具体的には、部品実装装置が装備する部品カセット群における各部品カセットの配列順序を最適化しておく必要がある。

【0003】そのための従来の技術として、例えば、特開平05-104364号公報に開示された部品装着順序最適化方法がある。この方法では、(1)部品カセット群を、その部品に適用される装着スピードによってグループ分けし、同一グループ内の部品カセットを、2個ずつ組み合わせたときの装着点数の和が均等化されるように、同一基板に対する装着点数の多いものと少ないものを適宜組み合わせるペア群を構成し、(2)このカセットグループを装着スピード順に配置し、かつ、同一グループ内においては前記ペア毎に並べることによって、カセットの配列順序を決定し、(3)その後、部品の装着順序のみをパラメータとして最適化処理を行う。

【0004】これによって、カセット配列順序と部品の装着順序という2つのパラメータによる複雑な最適化が回避され、単一のパラメータによる短時間での最適化が実現される、というものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の最適化方法は、作業ヘッドの吸着率（作業ヘッドによる部品の吸着→移動→装着という一連の繰り返し動作における1回の動作において吸着される部品の個数の最大個数に対する比率）が考慮されていないために、複数（例えば、10個）の部品を吸着して基板に装着していく高機能な作業ヘッドを備える部品実装装置に適用することができないという問題がある。

【0006】特に、最近の携帯電話機やノートパソコン等の電子機器の急激な需要の増大に伴い、複数の部品を一括で吸着して基板に装着していく生産性の高い作業ヘッドを備える部品実装装置が開発されており、そのような高機能な部品実装装置に対応した新たな部品実装順序の最適化方法が望まれている。そこで、本発明は、かかる問題点を鑑みてなされたものであり、複数の部品を吸着して基板に装着する作業ヘッドを備える部品実装装置を対象とする部品実装順序の最適化方法、その装置及び部品実装装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品を、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べることにより、部品ヒストグラムを生成するヒストグラム生成ステップと、生成された部品ヒストグラムから、その一部である部分ヒストグラムを取り出して、前記部品カセットの並びを横軸、前記作業ヘッドによる吸着回数を縦軸とする2次元座標に配置していくことを繰り返すことにより、前記2次元座標上に配置された部分ヒストグラムの集まりによって形成されるダイアグラムの横軸方向の幅が、そのいずれの箇所においても、 n 又は n の整数倍の個数の部品となるようなダイアグラムの生成を目指すダイアグラム生成ステップとを含むことを特徴とする。

【0008】例えば、最大10個の部品を同時に吸着し作業ヘッドを備える実装装置を対象とした場合に、

(1)最適化の対象となる全ての部品を、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べることにより、部品ヒストグラムを生成し、(2)生成された部品ヒストグラムから、連続する部品種の部分ヒストグラムを取り出して、部品カセットの並びを横軸（ Z 軸）、作業ヘッドによる吸着回

数を縦軸とする2次元座標に配置し、(3)さらに、残る一部の部分ヒストグラムを取り出して配置することにより、横軸方向の幅(部品数)が10となるダイアグラムが生成されるようにする。

【0009】また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大n個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する方法であって、作業ヘッドによる部品の吸着・移動・装着という一連の動作の繰り返しにおける1回分の一連動作によって実装される部品群をタスクとする複数のタスクの並びからなるタスクグループを生成するタスクグループ生成ステップと、生成されたタスクグループそれぞれについて、同一種類の部品の集まりを部品種とした場合における各タスクを構成する部品種の組合せを変更することなく、そのタスクグループを構成する全ての部品の実装に要する時間が最小となるように、部品の実装順序を入れ替える部品入替ステップとを含む構成としてもよい。

【0010】また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大n個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品について、とり得る実装順序それぞれを1つの状態とした場合の初期状態を第1状態として生成する初期化ステップと、第1状態を暫定的に変更することにより、第2状態を生成する状態変更ステップと、生成された第2状態に対応する実装順序に従って前記実装装置が全ての部品を実装することができ、かつ、それら全ての部品の実装に要する時間が第1状態における時間よりも小さいか否かを判断する判断ステップと、前記実装装置が全ての部品を実装することができ、かつ、前記時間が第1状態における時間よりも小さいと判断された場合に、前記第2状態を新たな第1状態として、前記状態変更ステップ及び前記判断ステップを繰り返させて第1状態を更新していくことにより、部品の実装順序を最適化していく繰り返し制御ステップとを含むことを特徴し、前記状態変更ステップでは、予め定められた複数の種類の変更方法からランダムに選択した1つの方法を採用して、前記第1の状態を変更する構成としてもよい。

【0011】また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を基板に実装する複数の実装装置の並びからなる生産ラインを対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品を、一定範囲の高さの部品の集まりを1つの部品グループとする複数の部品グループに分類する分類ステップと、前記実装装置それぞれが、当該実装装置の下流に位置する実装装置により実装される部品が属する部品グループと同一又は高さの小さい部品グループ

に属する部品を実装するように、前記全ての部品それぞれを前記複数の実装装置のいずれかに振り分ける振り分けステップとを含む構成としてもよい。

【0012】さらに、本発明は、上記最適化方法のステップを含むプログラムとして実現したり、各ステップに対応する機能手段を有する最適化装置として実現することもできる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。図1は、本発明に係る電子部品実装システム10全体の構成を示す外観図である。この電子部品実装システム10は、上流から下流に向けて回路基板20を送りながら電子部品を実装していく生産ラインを構成する複数の部品実装装置100、200と、生産の開始等にあたり、各種データベースに基づいて必要な電子部品の実装順序を最適化し、得られたNCデータを実装装置100、200にダウンロードして設定・制御する部品実装順序最適化装置300とからなる。

【0014】部品実装装置100は、同時かつ独立して、又は、お互いが協調して(又は、交互動作にて)部品実装を行う2つの実装ユニット(第1実装ユニット110及び第2実装ユニット120)を備える。各実装ユニット110(120)は、テーピング部品を収納する最大48個の部品カセット114の配列からなる2つの部品供給部115a及びbと、それら部品カセット114から最大10個の部品を同時吸着し基板に装着することができる10個の吸着ノズルを有する作業ヘッド112(10ノズルヘッド)と、その作業ヘッド112を移動させるXYロボット113と、作業ヘッド112に吸着された部品の吸着状態を検査するための認識カメラ116と、トレイ部品を供給するトレイ供給部117等を備える。

【0015】図2は、部品実装装置100の主要な構成を示す平面図である。シャトルコンベヤ118は、トレイ供給部117から取り出された部品を載せて、作業ヘッド112による吸着可能な所定位置まで運搬するための移動テーブルである。ノズルステーション119は、各種形状の部品種に対応するための交換用ノズルが置かれるテーブルである。

【0016】各実装ユニット110(又は120)を構成する2つの部品供給部115a及びbは、それぞれ、認識カメラ116を挟んで左右に配置されている。したがって、部品供給部115a又は115bにおいて部品を吸着した作業ヘッド112は、認識カメラ116を通過した後に、基板の実装点に移動し、吸着した全ての部品を順次装着していく動作を繰り返す。

【0017】ここで、作業ヘッド112による部品の吸着・移動・装着という一連の動作の繰り返しにおける1回分の動作(吸着・移動・装着)、又は、そのような1

回分の動作によって実装される部品群)を「タスク」と呼ぶ。例えば、10ノズルヘッド112によれば、1個のタスクによって実装される部品の最大数は10となる。

【0018】図3は、作業ヘッド112と部品カセット114の外観及び位置関係を示す図である。この作業ヘッド112は、最大10個の吸着ノズル112a~112b10を装着することが可能であり、このときには、10個の部品カセット114それぞれから部品を一括吸着することができる。なお、1つの部品カセット114には1つの部品種(テーピング部品)だけが装填される。また、部品供給部115a及びbにおける部品カセット114の位置又は並びを「Z軸」又は「Z軸上の位置」と呼び、部品供給部115aの最左端を「1」とする連続番号等が用いられる。したがって、テーピング部品についての部品種の実装順序を決定することは、各部品種(又は、それら部品を収納した部品カセット114)のZ軸を決定することに等しい。

【0019】図4は、図1に示された部品実装順序最適化装置300の構成を示す機能ブロック図である。この部品実装順序最適化装置300は、生産ラインを構成する各設備の仕様等に基づく各種制約の下で、対象となる基板の部品実装におけるラインタクト(サブ設備ごとのタクトの最大値)を最小化するように、部品実装用CAD装置等から与えられた全ての部品を対象として、各サブ設備で実装すべき部品及び各サブ設備における部品の実装順序を決定し、最適なNCデータを生成するコンピュータ装置であり、表示部302、入力部303、入出力制御部301、部品グループ生成部304、ラインバランス最適化部305、状態最適化部306、データベース記憶部307及び通信I/F部308から構成される。

【0020】入出力制御部301は、各構成要素302~308を制御することによって、本部品実装順序最適化装置300による部品実装順序の最適化条件(レベル、要求精度、最適化処理の最大許容時間等)についての操作者からの指示を取得したり、その条件に合致した最適化処理を選択し開始させたり、最適化の結果を操作者に提示したり、最終的なNCデータを部品実装装置100、200にダウンロードさせたりする。

【0021】表示部302はCRTやLCD等であり、入力部303はキーボードやマウス等であり、これらは、入出力制御部301による制御の下で、本部品実装順序最適化装置300と操作者とが対話する等のために用いられる。通信I/F部308は、LANアダプタ等であり、本部品実装順序最適化装置300と部品実装装置100、200との通信に用いられる。

【0022】データベース記憶部307は、この部品実装順序最適化装置300による最適化処理に用いられるモデリングデータ(実装点データ307a、パーツライ

ブラリ307b及び実装装置情報307c)を予め記憶している。図5~図7は、それぞれ、実装点データ307a、パーツライブラリ307b及び実装装置情報307cの例を示す。

【0023】実装点データ307aは、実装の対象となる全ての部品の実装点を示す情報の集まりである。図5に示されるように、1つの実装点piは、部品種ci、X座標xi、Y座標yi、制御データφiからなる。ここで、「部品種」は、図6に示されるパーツライブラリ307bにおける部品名に相当し、「X座標」及び「Y座標」は、実装点の座標(基板上の特定位置を示す座標)であり、「制御データ」は、その部品の実装に関する制約情報(使用可能な吸着ノズルのタイプ、作業ヘッド112の最高移動速度等)である。なお、最終的に求めるべきNCデータとは、ラインタクトが最小となるような実装点の並びである。

【0024】パーツライブラリ307bは、部品実装装置100、200が扱うことができる全ての部品種それぞれについての固有の情報を集めたライブラリであり、図6に示されるように、部品種ごとの部品サイズ、タクト(一定条件下における部品種に固有のタクト)、その他の制約情報(使用可能な吸着ノズルのタイプ、認識カメラ116による認識方式、作業ヘッド112の最高速度比等)からなる。なお、本図には、参考として、各部品種の外観も併せて示されている。

【0025】実装装置情報307cは、生産ラインを構成する全てのサブ設備(独立して部品実装を実行する装置単位で、実装ユニット又は部品実装装置)ごとの装置構成や制約を示す情報であり、図7に示されるように、作業ヘッドのタイプ等に関するヘッド情報、作業ヘッドに装着され得る吸着ノズルのタイプ等に関するノズル情報、部品カセット114の最大数等に関するカセット情報、トレイ供給部117が収納しているトレイの段数等に関するトレイ情報等からなる。

【0026】部品グループ生成部304は、データベース記憶部307に格納された実装点データ307aによって特定される全ての実装部品を、部品厚みの点から、図8(a)に示されるような9つの部品グループG[1]~G[9]に分類する。具体的には、実装点データ307aが示す全ての部品種を参照することで、図8(b)に示されるような、同一部品種ごとの員数を示す部品表を作成し、パーツライブラリ307bにおける部品サイズを参照することで、全ての部品種それぞれを9つの部品グループG[1]~G[9]のいずれかに対応づける。そして、その分類結果(各部品グループに属する部品種及び員数等)をラインバランス最適化部305に通知する。

【0027】ラインバランス最適化部305は、部品グループ生成部304から通知された部品グループの情報に基づいて、部品厚みの薄い部品グループから順に実装することを遵守しつつ、ラインタクトが最小となるよう

に、ラインバランスを最適化(サブ設備ごとのタクトを平準化)する。そのために、状態最適化部306と連携しながら動作する3つの機能モジュール(第1LBM部305a、第2LBM部305b及び第3LBM部305c)を有する。

【0028】なお、部品厚みの薄い部品グループを優先して実装することとしているのは、基板に部品を装着する際の作業ヘッド112の移動を円滑にさせ、実装の品質を高めるためである。第1LBM部305aは、部品グループ生成部304から通知された9つの部品グループをタスクグループの単位で各サブ設備でのタクトがほぼ等しくなるようにラフに振り分ける。つまり、粗い調整によるラインバランスの最適化を行う。ここで、「タスクグループ」とは、タスクの集まりをいい、最適化のために部品の実装順序を入れ替えることが可能な部品群の範囲と一致する。

【0029】第2LBM部305bは、第1LBM部305aによってラフに振り分けられた各サブ設備ごとのタスクグループをサブ設備間で移動させることによりラインタクトを最小化する。つまり、細かい調整によるラインバランスの最適化を行う。第3LBM部305cは、第2LBM部305bにより最適化された状態(タスクグループの振り分け)に対して、部品種を単位として、第2LBM部305bと同様の手順でラインバランスの最適化を行う。

【0030】状態最適化部306は、部品グループ生成部304で生成された9個の部品グループそれぞれについて、各部品グループを構成するタスクグループを決定したり、決定したタスクグループごとの最適状態(各部品種のZ軸、各部品種における部品(実装点)の実装順序を決定するものであり、小部品(ここでは、部品グループG[1]~G[5]に属する部品)を対象として最適化を行う小部品最適化部306aと、汎用部品(部品グループG[6]~G[9]に属する部品)を対象として最適化を行う汎用部品最適化部306bと、それら小部品最適化部306aおよび汎用部品最適化部306bにおける最適化に共通する計算処理を実行する最適化エンジン部306cとから構成される。なお、「状態」とは、対象となっている部品又は部品種がとり得る実装順序における個々をいう。

【0031】なお、小部品最適化部306aは、簡易で高速処理に向けたアルゴリズムを用いてタスクグループを決定したり状態の最適化を行い、一方、汎用部品最適化部306bは、緻密でインテリジェントなアルゴリズムを用いて状態の最適化を行う。これは、一般に、携帯電話機等の基板に実装される小部品の総数は、汎用部品に比べて極めて多い(例えば、9:1の比率)ことが分かっているので、それぞれに対応したアルゴリズムを用いて最適化を行うことで、より短時間で、より最適な解を求めるためである。

【0032】最適化エンジン部306cは、小部品最適化部306a及び汎用部品最適化部306bから与えられたパラメータに基づいて、ヒューリスティックであるが確定的なアルゴリズム(山登り法)に基づく最適化計算と、確率的ではあるがグローバルに最適解を探索するアルゴリズム(マルチカノニカル法)に基づく最適化計算を実行する。

【0033】次に、以上のように構成された部品実装順序最適化装置300のラインバランス最適化部305及び状態最適化部306の動作を詳細に説明する。図9は、ラインバランス最適化部305の第1LBM部305aによるタスクグループのサブ設備への振り分け処理の様子を示す図である。第1LBM部305aは、部品厚みの薄い部品グループが先となるように全てのタスクグループを一列に並べ、その並びに対して、先頭から順に、サブ設備ごとのタクトが以下の式で示される値 θ に近くなるように、各タスクグループを上流のサブ設備から順に振り分けていく。

【0034】 $\theta = (\text{全部品グループを対象とした総タクト}) / \text{サブ設備の総数} N$

なお、「全部品グループを対象とした総タクト」は、実装点データ307a及びパーツライブラリ307bを参照することにより特定され、「サブ設備の総数N」は、実装装置情報307cを参照することにより特定される。図10は、第2LBM部305bによるラインバランスの最適化(タスクグループの移動)の様子を示す図であり、図10(a)は、最適化前におけるタクト分布(各サブ設備へのタスクグループの振り分け状態)を示し、図10(b)は、最適化によるタスクグループの移動の様子を示し、図10(c)は、最適化後におけるタクト分布を示す。

【0035】ここで、本図に示されるタクト分布において、縦軸は、タクトの大きさを示し、横軸は、生産ラインを構成する全てのサブ設備(ここでは6台)の並び(上流から下流に向けた並び)を示し、タスクグループは、そのタクトを高さとするブロック「TG $n-m$ 」として示されている。nは、そのタスクグループが属する部品グループの番号1~9を示し、mは、同一の部品グループに属するタスクグループを区別する番号である。

【0036】なお、各サブ設備は、振り分けられた複数のタスクグループに対して、部品厚みの薄い部品グループに属するものを先に実装する。ただし、同一の部品グループに属する複数のタスクグループに対しては、その順序の制約を受けないものとする。例えば、サブ設備[3]は、TG3-3→TG3-1→TG3-2の順で実装してもよい。

【0037】図11は、図10(a)~(c)に示された第2LBM部305bによるラインバランスの最適化手順を示すフローチャートである。第2LBM部305bは、まず、第1LBM部305aが生成した図10

(a) に示される初期状態(タスクグループの振り分け)に対して、サブ設備ごとのタクトが最大であるサブ設備[S_{max}]と最小であるサブ設備[S_{min}]を特定する(ステップS500)。例えば、S_{max}=5、S_{min}=2と特定する。

【0038】そして、サブ設備[S_{max}]のタクトをラインタクトLTとして記憶する(ステップS501)。例えば、LT=サブ設備[5]として記憶する。次に、サブ設備[S_{min}]からサブ設備[S_{max}-1]までのサブ設備[i]について順に、隣接する2つのサブ設備間で、移動可能なタスクグループを移動させていく(ステップS502~S507)。

【0039】つまり、サブ設備[i+1]からサブ設備[i]に、一つタスクグループを仮移動し(ステップS503)、それでもなお、サブ設備[i]のタクトがラインタクトLTよりも小さいか否かを確認する(ステップS504)。その結果、小さいことを確認できた場合にだけ、そのタスクグループを実際に移動させる(ステップS505)。つまり、サブ設備[i]及びサブ設備[i+1]のタクトを更新する。例えば、タスクグループTG3-1をサブ設備[3]からサブ設備[2]に移動させる。なお、移動させる候補となるタスクグループは、部品厚みの薄い部品グループに属するものを優先して選択するものとする。

【0040】このようなタスクグループの移動を、サブ設備[S_{min}]からサブ設備[S_{max}-1]について順に繰り返す終えると(ステップS502~S506)、最後に、サブ設備[S_{max}]のタクトが減少したか否か、つまり、サブ設備[S_{max}]からサブ設備[S_{max}-1]に1つ以上のタスクグループが移動されたか否かを判断する(ステップS507)。

【0041】その結果、減少している場合には、まだ最適化の余地が残されていると判断し、再び、同様の最適化(ステップS500~S507)を繰り返し、そうでない場合には、これ以上の最適化は困難であると判断し、終了する(ステップS507)。なお、移動可能なタスクグループが複数個存在する場合には、移動対象の選択について自由度があるので、計算時間の許される範囲で、移動させるタスクグループの組合せを各種試みるものとする。

【0042】このようにして、最小タクトのサブ設備と最大タクトのサブ設備間において、タスクグループの移動を順次試みることで、最大タクト(ラインタクト)の減少化、つまり、ラインバランスの最適化が実現される。以上の最適化が完了すると、次に、第3LBM部305cは、第2LBM部305bにより最適化された状態(タスクグループの振り分け)に対して、部品種を単位として、第2LBM部305bと同様の手順でラインバランスの最適化を行う。

【0043】つまり、第2LBM部305bは、タスク

グループを単位として、隣接するサブ設備間を移動させたが(ステップS503、S505)、第3LBM部305cは、タスクグループに代えて、各タスクグループを構成する部品種を単位として、サブ設備間を移動させる。したがって、2つのサブ設備間でのタクトの増減の刻みは、第2LBM部305bによる場合よりも小さくなり、よりきめ細かい最適化が行われる。これによって、ラインタクトLTがさらに減少され得る。

【0044】図12は、状態最適化部306の小部品最適化部306aによる小部品の実装順序最適化の概略手順を示すフローチャートであり、2つの大きなステップからなる。小部品最適化部306aは、まず、全ての実装部品を対象として、テトリスダイアグラムを生成する(ステップS520)。これは、部品種を単位とした配列、即ち、部品カセット114の並び(Z軸)を決定することに相当する。

【0045】ここで、「テトリスダイアグラム」とは、図13に示されるような2次元のダイアグラムであり、縦軸を作業ヘッドによる部品の吸着順とし、横軸を部品カセット114(部品種)の配列(Z軸)とし、実装の対象となる個々の部品(実装点)を単位矩形(正方形又は長方形)で配置した図のことである。なお、この図13には、4ノズルヘッドを対象としたテトリスダイアグラムが示されており、最大4個の単位矩形が横に繋がったものが実装(吸着・移動・装着)の1回分(つまり、タスク)に相当し、丸で囲まれた一繋ぎのタスクの集合がタスクグループに相当する。したがって、本図には、合計3つの独立したタスクグループが示されている。

【0046】このようなテトリスダイアグラムの生成は、作業ヘッドができるだけ多くの部品を同時吸着することができるように、部品種の相対的な配列を決定する作業に相当し、言い換えると、全ての部品種を、互いに独立した複数の配列グループ(タスクグループ)に分割することに相当する。次に、小部品最適化部306aは、図12に示されるように、上記ステップS520で決定されたタスクグループ(配列が固定化された部品種群)ごとに、その総タクトが小さくなるように、各部品種を構成する部品の装着順序を決定する(ステップS521)。これは、同一の部品カセット114から取り出した(吸着した)部品であっても、どの実装点に装着するかによって、同一タスクにおける直前の実装点からの距離が異なるので、装着時における作業ヘッド112の移動距離(実装時間)を短縮化することに相当する。

【0047】以下、上述の2つのステップS520、S521における詳細な処理内容を説明する。

(1) テトリスダイアグラムの生成(ステップS520)

小部品最適化部306aは、許容される処理時間や操作者による指定等に基づいて、以下の2種類のアルゴリズム

ムの一つを採用する。

(1-1) タスクグループ生成法

この方法は、一定範囲内（吸着ノズル数の2倍以下）の個数の部品種からなるタスクグループの生成を繰り返していく手法であり、基本的には、以下の2つの大きなステップ（第1及び第2ステップ）からなる。なお、図14は、これら第1及び第2ステップを説明するための図であり、図14(a)は、対象となる部品を員数の多い部品種の順に並べた（ソートした）部品ヒストグラムであり、図14(b)は、これら第1及び第2ステップによって生成されるテトリスダイアグラムである。

【0048】[第1ステップ] このステップでは、1つのタスクグループを生成する前半処理、つまり、員数の多い部品種の順に右方向（Z軸方向）に部品ヒストグラムを並べる。具体的には、

(i) まだ配置されていない部品種の中で員数が最大の部品種（1番部品種）をZ軸上に置く。

【0049】(ii) その右隣に2番目の員数の部品種（2番部品種）を置く。

(iii) 2番部品種の右隣に3番目の員数の部品種（3番部品種）を置く。

(iv) 以下、これを作業ヘッドの吸着ノズル数L（ここでは「4」）まで繰り返す。

この結果、図14(a)の部品ヒストグラムから4つの部品種400が取り出され、図14(b)に示される箇所400に配置される。

【0050】[第2ステップ] このステップでは、前半処理で生成されたダイアグラムに対して、同時吸着数がLに満たないタスクの同時吸着数がLとなるように、左方向に部品ヒストグラムを配置していく。具体的には、

(i) 1番部品種の員数からL番部品種の員数を引く。

【0051】(ii) 得られた員数差以下であって、その員数差に最も近い員数を持つ部品種（L+1番部品種）を1番部品種の左隣に置く。

(iii) 2番部品種から（L-1）番部品種の員数を引く。

(iv) その員数差以下であって、その員数に最も近い員数を持つ部品種を（L+1）番部品種の左隣に置く。

【0052】(v) 以下、これを（L-1）回繰り返す。

この結果、図14(a)の部品ヒストグラムにおける2つの部品種401a及び401bが取り出され、図14(b)に示される箇所401に配置される。これによって、部品種400及び部品種401からなる1つのタスクダイアグラムが完成する。これによって、これら6種の部品種からなるタスクグループについて、相対的なZ軸が決定されたことになる。

【0053】以上の第1及び第2ステップによるタスクグループの生成を、対象の部品種が無くなるまで繰り返す。ここで、もし、上記第2ステップの条件を満たす未配置の部品種が無くなってしまった場合には、上記第1

及び第2ステップに代えて、以下の3つのステップ（第3～第5ステップ）を実行する。図15は、これら第3～第5ステップを説明するための図であり、図15

(a)は、部品ヒストグラムのうち未配置の部分（実線で囲まれた部分）を示し、図15(b)は、これら第3～第5ステップによって生成されるテトリスダイアグラムを示す。

【0054】[第3ステップ] このステップでは、未配置の部品ヒストグラムを整形して部分ヒストグラムを生成する。具体的には、

(i) まだ配置されていない部品種の員数の最小値を求める。

(ii) まだ配置されていない部品種それぞれの員数から（最小値-1）を引く。

【0055】このような減算処理の結果、未配置の部品ヒストグラムにおける員数は、図15(a)における太い実線で囲まれた部分ヒストグラムとなり、以下、この部分ヒストグラムにおける員数を用いて、以下の第4及び第5ステップを進める。

[第4ステップ] このステップは、上述の第1ステップに相当する。具体的には、

(i) まだ配置されていない部品種の中で員数最大の部品種（1番部品種）をZ軸上に置く。

【0056】(ii) その右隣に2番目の員数の部品種（2番部品種）を置く。

(iii) 2番部品種の右隣に3番目の員数の部品種（3番部品種）を置く。

(iv) 以下、これを作業ヘッドの吸着ノズル数L（ここでは「3」）まで繰り返す。

この結果、図15(a)の部品ヒストグラムから3つの部品種410が取り出され、図15(b)に示される箇所410に配置される。

【0057】[第5ステップ] このステップは、上述の第2ステップに相当する。具体的には、

(i) 1番部品種の員数から、（L番部品種の員数-1）の値を引く。

(ii) その員数差以下であって、その員数差に最も近い員数を持つ部品種（L+1部品種）を1番部品種の左隣に置く。

【0058】(iii) (L+1) 番部品種からL番部品種の員数を引く。

(iv) その員数差以下であって、その員数差に最も近い部品種を（L+1）番部品種の左隣に置く。

(v) 以下、これをL回繰り返す。

この結果、図15(a)の部品ヒストグラムにおける3つの部品種411が取り出され、図15(b)に示される箇所411に配置される。これによって、部品種410及び部品種411からなる1つのタスクダイアグラムが完成する。これによって、上記第1及び第2ステップで取り残された部品種、つまり、員数の差が小さい部品

種についても、同時吸着が可能なタスクの集まりからなるタスクグループが生成され、それらの部品種について相対的なZ軸が決定されたことになる。

(1-2) 刈り上げ法

この方法は、員数の多い部品種の順に並べた部品ヒストグラムをそのままZ軸に配置することを基本とし、最大個数(L個)の部品を同時吸着することができない箇所についてだけ、上述のタスクダイヤグラム生成法を適用する手法であり、以下の2つの大きなステップ(第1及び第2ステップ)からなる。

【0059】[第1ステップ] このステップでは、部品ヒストグラムから、L個の部品並びからなるタスクを取り出することを繰り返す(刈り上げていく)。図16及び図17は、刈り上げ法における第1ステップを説明するための図であり、図16は、実装の対象となる全ての部品を員数の多い部品種の順に並べた部品ヒストグラムであり、図17は、図16の部品ヒストグラムから、L個(ここでは、10個)の部品並び(最大個数の部品を同時吸着した場合のタスク)の単位で部品を取っていく(刈り上げていく)様子を示す図である。

【0060】刈り上げにおいては、員数の少ない部品種が先に無くなるように、つまり、部品ヒストグラムにおける右端の部品種から部品が無くなっていくように、L個の部品並び(○、△及び×のいずれかを含む10個の矩形並び)を取り除いていく。これを、L個の部品並びの単位で取る除くことができなくなるまで繰り返す。

[第2ステップ] このステップでは、上述の刈り上げ後における残り部品からなる部品ヒストグラムに対して、上述のタスクグループ生成法に準じたダイヤグラムを生成する。

【0061】図18及び図19は、刈り上げ法における第2ステップを説明するための図であり、図18は、第1ステップでの刈り上げ後に残された部品を対象として、員数の多い順に再構築された部品ヒストグラムであり、図19は、再構築された部品ヒストグラムに対して、上述のタスクグループ生成法に準じたダイヤグラムの生成を行っている様子を示す図である。なお、再構築された部品ダイヤグラムの幅(部品種の数)は、上記第1ステップの処理内容より、必ず、(L-1)以下となる。

【0062】この第2ステップでは、具体的には、以下の処理を行う。

(i) 刈り上げ後に残った部品について、図18に示された部品ヒストグラムを生成するとともに、合計員数(ここでは、100個)を算出する。

(ii) 算出した合計員数をL(ここでは、10)で割り、得られた値(ここでは、10)をタスク数とするテトリスタイヤグラムの作成を目指す。

【0063】(iii) そのために、図19に示されるように、得られたタスク数(10)よりも大きな員数を持つ

部品種について、その超過分の員数(又は、超過部分の員数を分割したもの)だけ切り取り、部品ヒストグラムの左側に補完して置いていく。

図20は、以上の第1及び第2ステップによる刈り上げ法によってZ軸が決定された部品種についてのテトリスタイヤグラムである。この図に示されるように、全ての部品は、最大個数(10個)の部品が同時吸着されるタスクだけから構成され、最大の同時吸着率で効率よく実装され得る。

【0064】図21は、図20に示されたテトリスタイヤグラムに対応する(Z軸を変化させない再構築した)部品ヒストグラムである。このヒストグラムから分かるように、刈り上げ法によれば、員数の多い部品種が左位置に配列されるという傾向が維持される。このことは、刈り上げ法が、作業ヘッド112の移動軌跡(右側の部品供給部115bに対しては、部品を吸着した後に、必ず、部品供給部115bの左端に置かれた2次元カメラの前を通過すること)を考慮した(総移動距離を小さくする、即ち、総タクトを小さくする)部品配置の決定方法であることを意味する。

【0065】なお、左側の部品供給部115aに対しては、上述の処理において、Z軸方向に対称な処理を施せばよい。つまり、員数の小さい順に部品種を並べた後に、同様の手順でタスクを刈り上げていくことで、ダイヤグラムを生成すればよい。

(2) 各部品種を構成する部品の装着順序の最適化(ステップS521)

このステップでは、小部品最適化部306aは、許容される処理時間や操作者による指定等に基づいて、以下の2種類のアルゴリズムの一つ以上を採用する。

(2-1) ランダム選択法

この方法は、1つのタスクグループにおいて、ランダムに選択した2つの実装点を入れ替えた場合の総タクトが小さくなるならば、それら2つの実装点を入れ替える、という処理を繰り返す手法である。

【0066】図22は、ランダム選択法による部品の装着順序の最適化の手順を示すフローチャートであり、図23は、ランダム選択法によって2つの実装点が入れ替えられる様子を示すである。まず、小部品最適化部306aは、初期状態での総タクトを算出する(ステップS530)。なお、ここでの状態は、1つのタスクグループを構成する全ての部品(実装点)について実装順序が一定のパターンに定められた状態である。したがって、一つの状態に対する総タクトは、データベース記憶部307に記憶された情報307a~cから一義的に決定される。

【0067】次に、それら全ての実装点の中からランダムに2つを選択し(ステップS531)、選択した2つの実装点の順序を入れ替えた場合の総タクト(仮タクト)を算出する(ステップS532)。図23には、実

装点B2とB4とが入れ替えられた場合の状態例が示されている。そして、いま算出された仮タクトが、直前の状態におけるタクトよりも小さいか否か判断する(ステップS533)。

【0068】その結果、小さい場合には、それら2つの実装点の入れ替えを実施する(ステップS534)。つまり、現在の状態と総タクトについて、それら実装点を入れ替えた場合のものに更新して記憶する。そして、その時点での終了条件(その状態でのタクトが操作者によって予め指定された目標タクトよりも小さいか、又は、一定の処理時間に達した等)を満たすか否か判断し(ステップS535)、満たす場合に処理を終了する。

【0069】一方、2つの実装点の入れ替えによってもタクトが小さくならない場合(ステップS533でNo)、及び、終了条件を満たさない場合(ステップS535でNo)には、終了条件が満たされるまで、再び、同様の処理を繰り返す(ステップS531～S533～S535)。このようにして、ランダム選択法により、費やした実行時間に応じて、タスクグループごとのタクトが小さくなり、部品実装順序が最適化され。

(2-2) 交差解消法

この方法は、入れ替える2つの実装点をランダムに選択するのではなく、一定の基準、即ち、タスクごとの実装点を直線で接続して得られる折れ線(パス)どうしの交差があればそれを解消するという基準を満たす実装点を選択して入れ替える手法である。

【0070】図24は、5個の実装点からなる3つのタスクについて、交差解消法により部品の装着順序を最適化する様子を示す図であり、図24(a)は、折れ線の交差が解消される前の装着順序(タスクごとの折れ線の分布)を示し、図24(b)は、折れ線の交差が解消された後の装着順序を示す。なお、同一部品種の実装点は、同一模様の丸印で示されている。

【0071】まず、小部品最適化部306aは、データベース記憶部307の実装点データ307a等を参照することによって、初期状態における全ての交差を特定する。ただし、ここでの交差は、同一タスクに属する連続して装着する2つの実装点を結ぶ線分と、他のタスクに属する同様の線分との交差であって、それら線分の両端の実装点に用いられる部品の部品種がそれら線分同士で同一であるものに限られる。

【0072】次に、特定した全ての交差について、順次、交差を解消するように線分の接続を変更する。なお、解消の前後において、各線分の両端に位置する部品の部品種は変更されないで、この線分の接続変更は一義的に定まり、かつ、その接続変更によって各タスクを構成する部品種の並びが変化することはない。このような交差解消法によって、タスク間における作業ヘッド112の無駄な移動が解消される。つまり、一つの部品を装着した後に移動すべき実装点は、作業ヘッド112の

移動に伴う無駄なタクトの増加が抑えられた部品の実装順序が決定される。

(2-3) 戻り軌跡法

この方法は、1つのタスクグループにおいて、1つのタスクの部品装着を完了した後に、次のタスクの部品を吸着するために移動する作業ヘッド112の戻り軌跡に着目し、そのタスクグループを構成するタスクの並び(タスク単位での順序)を最適化する手法である。

【0073】図25は、戻り軌跡法によりタスクの順序を最適化する手順を説明するための図である。ここには、Z軸における部品供給部115a及びbそれぞれに10個のタスクが配置されている場合における基板と部品供給部間を行き来する作業ヘッド112の移動軌跡(実装経路)が矢印線で示されている。ここで、丸印は、作業ヘッド112の代表的な位置を示す。つまり、基板上の丸印は、1つのタスクにおいて最後の部品を装着し終えた直後の作業ヘッド112の位置(最終実装点)を示し、Z軸における丸印は、20個のタスクそれぞれにおいて最初に部品を吸着するときの作業ヘッド112の位置(吸着パターン)を示す。なお、丸印に付された数値は、各吸着パターン(タスク)を区別する番号である。

【0074】[第1ステップ] このステップでは、以下のルールに従って、実装経路を描く。

(i) 各タスクの最終実装点から最短距離にある吸着パターンに戻る、つまり、戻り軌跡を最小にする。

(ii) 1番吸着パターンを始点にして実装経路を順次描いていく。なお、1つの吸着パターンは1つのタスクに相当するので、その吸着パターンに対応する最終実装点は一義的に特定される。図25では、1→5→14→2→8→3→17→12→16→1の順で吸着パターンと最終実装点とを接続する実装経路が描かれる。

【0075】(iii) 最初の吸着パターン(1番吸着パターン)に戻ったら、それを最短巡回部分経路1とする。

(iv) 次に、これまで見つかった最短巡回部分経路に含まれない吸着パターンを探す。図25では、4番吸着パターンが見つけれられる。

(v) 上記(ii)に戻り、未だ使用されていない吸着パターンが無くなるまで、繰り返す。図25では、5つの最短巡回部分経路が描かれている。

【0076】このような第1ステップにより、特定の吸着パターンから開始した場合における、作業ヘッド112の戻り軌跡が最短となるような吸着パターンの順序、即ち、タスクの順序が決定されたことになる。

[第2ステップ] 次に、第1ステップで描かれた全ての最短巡回部分経路それぞれにおいて、どの吸着パターンから開始すればよいかを特定する。具体的には、1つの最短巡回部分経路に属する全ての部品の実装を終えてから次の最短巡回部分経路を開始するのに移動させる作業ヘッド112の戻り軌跡が最短となるように、各最短巡

回部分経路における最初の吸着パターン及びそれら最短巡回部分経路の順序を決定する。

【0077】これによって、1つのタスクグループを構成する全てのタスクを対象として、タスク間における作業ヘッド112の戻り軌跡が短くなるように、タスクの実行順序が決定されたことになる。なお、図25は、20個の吸着パターンが異なる位置となるタスクグループにおける実装経路であったが、図26に示されるように、同一位置の複数の吸着パターンが含まれるタスクグループについても同様の最適化をすることができる。このときには、同一位置の吸着パターンに対応する最終実装点の選択において自由度があるので、複数の選択パターンに対応するタスクグループの総タクトを算出し、それらの中からタクトが最小となる最終実装点を選択し、最短巡回部分経路を作成すればよい。

【0078】以上のように、ランダム選択法及び交差解消法によって、タスクの形を変えずに、(i)タスク内の実装順序の最適化、及び、(ii)全タスクを考慮した実装順序の最適化が行われ、一方、戻り軌跡法によって、全てのタスクがフィックスされた後に（つまり、各タスクのメンバが決まった状態で）、タスクの順序についての最適化が行われる。

【0079】図27(a)は、汎用部品最適化部306bによる汎用部品の実装順序を最適化する際の手順を示すフローチャートであり、図27(b)は、その最適化による最適解の探索アプローチを説明するための図（とり得る全ての状態それぞれのタクトを示す図）である。なお、フローチャートにおいて、「HC法」は山登り法を意味し、「MC法」はマルチカノニカル法を意味する。

【0080】図27(a)に示されるように、汎用部品最適化部306bは、部品グループG[6]～G[9]に属する全ての部品（汎用部品）を対象として、初期状態Xを生成した後に（ステップS550）、初期状態Xに対して、山登り法による最適化を最適化エンジン部306cに実行させることによって、最適状態X_{opt}を求めた後に（ステップS551）、初期状態Xに対して、マルチカノニカル法による最適化を最適化エンジン部306cに実行させることによって、上記ステップS551で求められた最適状態X_{opt}を更新し（ステップS552）、最後に、更新された最適状態X_{opt}に対して、再び、山登り法による最適化を最適化エンジン部306cに実行させることによって、上記ステップS552で得られた最適状態X_{opt}を更新する（ステップS553）。

【0081】このように、局所的な最適解を確実に求める山登り法による最適化（ステップS551、S553）の途中過程に、グローバルな始点で最適解を探索するマルチカノニカル法による最適化（ステップS552）が挿入されているので、局所的には最適状態である

がグローバル的には最適状態でない状態（図27(b)に示される状態①等）の探索で終わってしまうことが回避され、グローバルな最適状態（図27(b)に示される状態⑤）が求められる。

【0082】図28は、図27(a)に示された山登り法による最適化（ステップS551、S553）の詳細な手順を示すフローチャートである。つまり、初期状態Xや終了条件等についての通知を受けた最適化エンジン部306cは、その初期状態Xを生成した後に（ステップS560）、外部ループ終了条件が満たされるまで（ステップS561）、内部ループを繰り返す（ステップS562～S568）。ここで、外部ループ終了条件とは、それ以上の最適解が存在しないことを確認するための条件であり、例えば、状態変化を起こす全ての種類のパラメータを変化させた（探索した）こと等であり、内部ループ終了条件とは、1つの種類のパラメータについて、一定範囲の変化をさせた（探索した）こと等である。

【0083】内部ループにおいて、最適化エンジン部306cは、まず、後述する9種類の状態変更から汎用部品最適化部306bが選択した1つを用いて、状態候補X_{tmp}を生成し（ステップS563、S564）、その候補状態X_{tmp}が、後述するフィジビリティ（実現可能性）を有し（ステップS565）、かつ、その候補状態X_{tmp}のタクトが直前の状態のタクトよりも小さい場合に（ステップS566、S567）、それら状態とタクトを更新する（ステップS568）。

【0084】これによって、局所的に最適状態が確定的に得られる。図29は、図27(a)に示されたマルチカノニカル法による最適化（ステップS552）の詳細な手順を示すフローチャートである。本図において、ビン番号は、例えば、図27(b)に示された横軸（とり得る状態の全て）をN個に均等分割して得られる各区間（ビン）を示す番号であり、ヒストグラムH[i]は、ビン番号iのビンに属する候補状態X_{tmp}が選択され（ステップS576、S577）、その候補状態X_{tmp}が実現可能性を有し（ステップS578）、かつ、エントロピーを減少させる状態であると判断された（ステップS579～S581）総回数を記憶する変数である。

【0085】本図に示されたフローチャートと図28に示された山登り法によるものとを比較して分かるように、状態Xをベースに状態候補X_{tmp}を生成し、それを受理するかどうかを決定するという一連の処理を繰り返す点で、これらの処理は共通する。異なる点は、受理決定の方法であり、図28に示された山登り法では、状態候補X_{tmp}のタクトの方が状態Xよりも小さい場合に（確定的に）受理しているのに対し、図29に示されたマルチカノニカル法では、タクトにおけるエントロピーを参照して状態候補X_{tmp}を確率的に受理していることである（ステップS580～S582）。

【0086】ここで、図28及び図29に示されたフローチャートにおける9種類の状態変更と実現可能性の詳細を説明するために、まず、汎用部品最適化部306bが用いている中間表現について説明する。汎用部品最適化部306bは、最適化を容易にするために、Z軸配列の中間表現として以下の3種類を導入し、それらの表現を用いて状態を記憶したり、最適化エンジン部306cに指示したりする。

【0087】(i) Gorder[i] ($i=1, \dots, L$)

入力されたL個の部品グループ(タスクグループTG[i] ($i=1, \dots, L$))をZ軸に配置する際の優先順序を指定する変数であり、優先順序番号1~Lを値にとる。 $i \neq j$ の場合、 $Gorder[i] \neq Gorder[j]$ となる。

(ii) block[i] ($i=1, \dots, L$)

タスクグループTG[i] ($i=1, \dots, L$)を左・右のZブロック(部品供給部115a及びb)のどちらに配置するかを指定する変数であり、“左”又は“右”のシンボル値をとる。

【0088】

(iii) Corder[i][j] ($i=1, \dots, L, j=1, \dots, M[i]$)

タスクグループTG[i] ($i=1, \dots, L$)に属する部品種j ($j=1, \dots, M[i]$)のZ軸における配置順序を指定する数であり、順序番号1~M[i]を値にとる。 $j \neq k$ の場合、 $Corder[i][j] \neq Corder[i][k]$ である。なお、 $Corder[i][j] < Corder[i][k]$ の場合、“部品種jのZ番号<部品種kのZ番号”なる関係を持っている。

【0089】図30(a)は、汎用部品最適化部306bが用いている中間表現の具体例を示し、図30(b)~(e)は、図30(a)に示された中間表現の意味(Z軸配列への変換)を示す図である。図30(a)に示された中間表現が示すZ軸配列は、具体的には、以下の変換を経ることによって特定される。まず、 $Gorder[i]=1$ 、つまり、Z軸配列決定において最優先するタスクグループTG[2]を配置する(図30(b))。このTG[2]は、 $block[2]=$ “右”であるため、右Zブロックのカメラ(認識カメラ116)寄り左詰で配置される。その際、TG[2]に属している計M[i=2]=6つの部品種j ($j=1, \dots, 6$)を収納している部品カセット114は、 $Corder[i=2][j]$ の若いものが左になるように、右Zブロックのカメラ寄り左詰で配置される。

【0090】次に、 $Gorder[i]=2$ であるTG[4]を配置する(図30(c))。 $block[4]=$ “左”であるため、左Zブロックのカメラ寄り右詰で配置される。その際、計M[i=4]=3つの部品種j ($j=1, \dots, 3$)を収納している部品カセット114は、 $Corder[i=2][j]$ の若いものが左になるように、カメラ寄り右詰で配置される。同様に、 $Gorder[i]=3$ であるTG[3]、 $Gorder[i]=4$ であるTG[1]の順で配置すればよい(図30(d)、(e))。

【0091】次に、汎用部品最適化部306bによる選

択(図28におけるステップS564、図29におけるステップS577)の対象となる9種類の状態変更を示す。以下の通りである。

(1) 同一汎用部品グループの2実装点をランダムに選択し、それらのタスク番号とヘッド番号(作業ヘッド112における吸着ノズル112a~112bの位置)をスワップする。

(2) 同一タスク内の2実装点をランダムに選択し、それらの実装順序をスワップする。

(3) 2タスクグループ(2汎用部品グループ)をランダムに選択し、それらのGorderをスワップする。

(4) 1タスクグループ(1汎用部品グループ)をランダムに選択し、そのblockの値(“左”又は“右”)を変更する。

(5) 同一タスクグループの2部品種をランダムに選択し、それらのCorderをスワップする。

(6) 同一タスクグループにおいて、連続したCorder部分区間をランダムに選択し、シフトする。

(7) 同一タスクグループにおいて、連続したCorder部分区間をランダムに選択し、対応する部品種が実装点の平均X座標値に従ってZ軸に配置されるようにCorderを変更する。

(8) 1タスクをランダムに選択し、当該タスクの実装点のZ番号に基づいてヘッド番号を変更する。

(9) シャトル運用可能なトレイ部品の運用モード(ダイレクトモード、シャトルモード)をランダムに変更する。

【0092】ここで、“トレイ部品の運用モード”とは、トレイ供給部117が内蔵するエレベータ(複数の段を持つ)を用いてトレイ部品を供給する(作業ヘッド112が吸着できる位置まで移動させて置く)とき的方式であり、“ダイレクトモード”は、部品が載せられた1つのトレイごと直接差し出す方式であり、“シャトルモード”は、シャトルコンベヤ118を用いた往復移動によって複数のトレイから取り出して集めた複数の部品を1列に並べて差し出す方式である。これらの運用モードについての各種情報は、実装装置情報307cに含まれており、必要な部品を所定位置に移動させるのに要する時間等に影響を与える。

【0093】また、汎用部品最適化部306bによる実現可能性のチェック(図28におけるステップS565、図29におけるステップS578)については、以下の5つのチェック項目が同時に満たされている場合のみ、状態Xtmpが可能解とみなされる。

(1) 各タスクにおいて、ダイレクトモードの実装点のZ番号が同じ段であること。つまり、ダイレクトモードでは、一つの段に置かれたトレイ部品だけが同時に供給され得ることを考慮する。

(2) 各タスクにおいて、吸着時の部品点間に干渉がないこと。つまり、隣接して吸着される2つの部品の形状

によっては、部品どうしが接触してしまうので、それを回避することを考慮する。

(3) 各タスクにおいて、実装点が吸着可能であること（実装点のヘッド番号とZ番号との組が適切であること）。つまり、作業ヘッド112に装着された吸着ノズルのいずれもが、96個の部品カセット114のいずれの位置にも移動できる（部品を吸着できる）とは限らないことを考慮する。

(4) 各タスクにおいて、実装点が装着可能であること（実装点のヘッド番号と座標値との組が適切であること）。作業ヘッド112を構成する全ての吸着ノズルが基板上のあらゆる箇所にも移動できることは限らないことを考慮する。

(5) 全タスクグループの全タスクの吸着ノズルパターンが実現可能なようにノズルステーション119における吸着ノズルの配列を決定できること。つまり、ノズルステーション119に配置しておくことができる交換用の吸着ノズルの配置位置や数等に制限があることを考慮する。

【0094】(6) 作業ヘッド112とZ軸上の部品とが同一ピッチで並んでいること。つまり、作業ヘッド112が同時吸着できるような部品（又は、部品カセット）がZ軸に配置されていることを確認する。

以上のように、汎用部品最適化部306bは、ローカルな（局所的な）最適化だけでなく、確率的な探索を混ぜた最適化を行っている（図27(a)におけるステップS550～S553）、ローカルミニマムが最適解として算出されてしまう不具合が回避される。

【0095】以上、本発明に係る部品実装順序最適化装置について、実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されない。例えば、部品実装順序最適化装置300は、具体的な構成を備える部品実装装置100、200それぞれにダウンロードするための最適なNCデータを生成するために用いられたが、このような用途だけでなく、生産性に関する要求仕様を満たすために必要とされる生産ラインの構成を決定するために用いることができるのは言うまでもない。生産対象となる基板の実装点データとモデリングした仮想的な電子部品実装システムの実装装置情報等とを部品実装順序最適化装置300に与え、得られた最適状態（ラインタクト）が要求仕様を満たすか否かを判断すればよい。

【0096】具体的には、この部品実装順序最適化装置300を、(i)実装装置の設計として、例えば、作業ヘッドのノズル数を4ノズルヘッド→10ノズルヘッド→8ノズルヘッドを変えてみたり、ノズルピッチを21.5mm→22mmと変えてみたり、部品カセットのピッチ（Z軸ピッチ）を変えてみたり、認識カメラの位置を変えてみたりすることで、最も効率のよい（生産性の高い）ヘッド等を決定するのに用いたり、(ii)複数の生産ラインのうち、どの生産ライン（又は、実装装置）で対

象の基板を生産すべきかの決定に用いたり、(iii)実装装置の販売や営業用のツールとして、いかなるオプション（部品カセットやノズルの本数や種類）を装備すれば、いかなる生産性（時間あたり何枚の基板を生産することができるか）が確保されるかの計算に用いたりすることができる。また、本実施の形態では、部品実装順序最適化装置300は、部品実装装置100、200とは独立した装置であったが、これら部品実装装置100、200に内蔵されていてもよい。

【0097】また、本実施の形態では、状態最適化部306は、部品グループG[1]～G[5]に属する小部品と部品グループG[6]～G[9]に属する汎用部品それぞれに対して、異なる探索アプローチによる最適化を行ったが、本発明は、このような分類やアプローチに限られない。例えば、各部品グループに属する員数やコンピュータの計算能力等に応じて、小部品の実装順序の決定に対して、山登り法とマルチカノニカル法とを混在させた手法を適用したり、汎用部品の実装順序の決定に対して、タスクグループ生成法、刈り上げ法、ランダム選択法、交差解消法及び戻り軌跡法を適用してもよい。

【0098】また、本実施の形態における交差解消法では、2つのタスクそれぞれの部品の実装点を接続する折れ線（パス）どうしの交差を解消するように実装順序を入れ替えてみてタクトが小さくなるか否かで実装順序の最適化を行ったが、交差していないパスどうしを入れ替えてみてもよい。交差していないタスクのパスを入れ替えることでタクトが短縮化されることもあり得るからである。

【0099】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大n個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品を、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とする部品種の単位で、部品の員数の多い順に並べることにより、部品ヒストグラムを生成するヒストグラム生成ステップと、生成された部品ヒストグラムから、その一部である部分ヒストグラムを取り出して、前記部品カセットの並びを横軸、前記作業ヘッドによる吸着回数を縦軸とする2次元座標に配置していくことを繰り返すことにより、前記2次元座標上に配置された部分ヒストグラムの集まりによって形成されるダイヤグラムの横軸方向の幅が、そのいずれの箇所においても、n又はnの整数倍の個数の部品となるようなダイヤグラムの生成を目指すダイヤグラム生成ステップとを含むことを特徴とする。

【0100】これによって、部品カセットの配列における部品ヒストグラムが形成するダイヤグラムの横幅は、作業ヘッドが同時に吸着する部品の個数若しくはその整

数倍又はそれに近い値となるので、作業ヘッドによる吸着率の高い部品カセットの配列が実現され、複数の部品を吸着する作業ヘッドを備える部品実装装置に好適な部品実装順序の最適化が実現される。

【0101】ここで、前記ダイヤグラム生成ステップは、前記ヒストグラム生成ステップで生成された部品ヒストグラムから、連続して並ぶ n 個の部品種に相当する部分ヒストグラムを取り出し、前記横軸上に配置する第1配置ステップと、配置された前記部分ヒストグラムにおける横軸方向の幅が n 個の部品に満たない箇所について、その幅が n 個の部品に近づくように、前記部品ヒストグラムから、残っている部品種の部分ヒストグラムを取り出し、前記第1配置ステップで配置された部分ヒストグラムに隣接する位置に配置する第2配置ステップとからなるとしてもよい。

【0102】これによって、 n 個の部品を吸着して装着するという作業ヘッドの効率的な実装動作が連続するように、 $2n$ 個未満の部品カセットによる配列が決定され、部品種を単位とする最適な実装順序が決定される。また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する方法であって、作業ヘッドによる部品の吸着・移動・装着という一連の動作の繰り返しにおける1回分の一連動作によって実装される部品群をタスクとする複数のタスクの並びからなるタスクグループを生成するタスクグループ生成ステップと、生成されたタスクグループそれぞれについて、同一種類の部品の集まりを部品種とした場合における各タスクを構成する部品種の組合せを変更することなく、そのタスクグループを構成する全ての部品の実装に要する時間が最小となるように、部品の実装順序を入れ替える部品入替ステップとを含むことを特徴とする。

【0103】これによって、吸着を考慮したタスクという単位を崩すことなく、部品の装着順序が最適化されるので、高い吸着率が確保される。ここで、前記部品入替ステップは、同一の部品種の組合せからなる2つのタスク間で生じる交差であって、同一のタスクに属し、かつ、隣接して吸着される2つの部品を直線で接続した場合に生じ得る2つのタスクそれぞれに属する直線による交差を検出するステップと、検出された交差が解消されるように、前記2つのタスクそれぞれを構成する同一部品種の部品どうしを入れ替えるステップとからなるとしてもよい。

【0104】これによって、タスクごとの部品装着における無駄な移動軌跡が解消されるので、タスクグループ全体における総実装時間が短縮される。また、前記部品入替ステップでは、一のタスクに属する全ての部品を基板に装着し終えてから次に実装すべきタスクに属する部

品を吸着するために作業ヘッドが移動すべき距離が最小となるように、タスクの順序を変更してもよい。

【0105】これによって、作業ヘッドが1つのタスクにおける部品の装着を終えて次のタスクの実装のために戻るときの移動距離が短縮されるので、タスクグループ全体における総実装時間が短縮される。また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を収納した部品カセットの並びから、最大 n 個の部品を吸着し、基板に実装していく作業ヘッドを備える実装装置を対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品について、とり得る実装順序それぞれを1つの状態とした場合の初期状態を第1状態として生成する初期化ステップと、第1状態を暫定的に変更することにより、第2状態を生成する状態変更ステップと、生成された第2状態に対応する実装順序に従って前記実装装置が全ての部品を実装することができ、かつ、それら全ての部品の実装に要する時間が第1状態における時間よりも小さいか否かを判断する判断ステップと、前記実装装置が全ての部品を実装することができ、かつ、前記時間が第1状態における時間よりも小さいと判断された場合に、前記第2状態を新たな第1状態として、前記状態変更ステップ及び前記判断ステップを繰り返させて第1状態を更新していくことにより、部品の実装順序を最適化していく繰り返し制御ステップとを含むことを特徴し、前記状態変更ステップでは、予め定められた複数の種類の変更方法からランダムに選択した1つの方法を採用して、前記第1の状態を変更する。

【0106】これによって、ランダムに選択された複数の方法による状態の探索が行われるので、局所的には最適であるが大局的には最適でない状態が最適状態として探索されてしまう危険性が少なくなる。ここで、最適化の対象となる全ての部品は、一定範囲の高さの部品の集まりを1つの部品グループとする複数の部品グループに分類され、前記状態は、前記複数の部品グループそれぞれについて、前記部品カセットの並びに配置するときの優先順序を示す優先順序パラメータと、同一種類の部品の集まりを1つの部品種とした場合における同一部品グループに属する部品種の並びを示す部品種順序パラメータとを含む中間言語によって表現されていてもよい。

【0107】これによって、膨大な数の状態は、部品グループを単位とするパラメータと部品グループを構成する部品種を単位とするパラメータによる階層化されたパラメータによって特定されるので、それらパラメータを変更することによって容易に他の状態を得ることができ、偏りのない探索が行われる。また、前記状態変更ステップでは、対象となる全ての状態を複数のグループに分類した場合における前記第2状態が属するグループが、前記複数のグループそれぞれについて等しい確率となるように、前記第2状態を生成してもよい。

【0108】これによって、タクト v s状態の分布におけるグルーバルミニマムが最適解として確実に探索され得る。また、本発明に係る部品実装順序最適化方法は、部品を基板に実装する複数の実装装置の並びからなる生産ラインを対象とし、コンピュータを用いて部品の実装順序を最適化する方法であって、最適化の対象となる全ての部品を、一定範囲の高さの部品の集まりを1つの部品グループとする複数の部品グループに分類する分類ステップと、前記実装装置それぞれが、当該実装装置の下流に位置する実装装置により実装される部品が属する部品グループと同一又は高さの小さい部品グループに属する部品を実装するように、前記全ての部品それぞれを前記複数の実装装置のいずれかに振り分ける振り分けステップとを含むことを特徴とする。

【0109】これによって、部品高さの小さい部品グループが必ず先に実装されるので、高さの大きい部品が基板に先に装着された場合における不具合（作業ヘッドの移動軌跡において制約を受け、実装時間が大きくなる）の発生が回避され、狭隣接実装（極めて接近した基板上の位置に部品を高速装着すること）が可能となる。ここで、前記複数の部品グループそれぞれは、部品の実装順序を入れ替える対象となり得る部品の集まりを1つのタスクグループとする1以上のタスクグループからなり、前記振り分けステップでは、タスクグループの単位で前記部品を振り分け、前記振り分けステップは、対象となる全てのタスクグループを、高さの小さい部品グループに属するタスクグループから順に、前記生産ラインの上流から下流に向けて、前記複数の実装装置それぞれに振り分ける第1振り分けサブステップと、前記第1振り分けサブステップによる振り分け後に、一の実装装置に振り分けられたタスクグループを当該実装装置の上流側又は下流側に隣接する実装装置に移動させることにより、前記第1振り分けサブステップによる振り分けを変更する第2振り分けサブステップとを含んでもよい。

【0110】これによって、最適化のために移動されるタスクグループの移動先は、隣接する実装装置に限られるので、部品高さの小さい部品グループから先に実装されるという高速化に適した実装順序が維持される。このように、本発明は、複数の部品を吸着して実装する高速な部品実装装置に好適な部品実装順序の最適化方法であり、特に、近年の表面実装基板に対する急激な需要増大に応える技術として、その実用的価値は極めて高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る電子部品実装システム全体の構成を示す外観図である。

【図2】部品実装装置の主要な構成を示す平面図である。

【図3】部品実装装置の作業ヘッドと部品カセットの外観及び位置関係を示す図である。

【図4】部品実装順序最適化装置の構成を示す機能ブロ

ック図である。

【図5】データベース部に格納された実装点データ及びNCデータのデータ構造を示す図である。

【図6】データベース部に格納されたパーツライブラリの例を示す図である。

【図7】データベース部に格納された実装装置情報の例を示す図である。

【図8】(a)は、部品グループ生成部が生成する部品グループを説明するための図であり、(b)は、部品グループ生成部による部品グループの生成過程で作成される部品表の例を示す図である。

【図9】ラインバランス最適化部の第1LBM部によるタスクグループのサブ設備への振り分け処理の様子を示す図である。

【図10】(a)は、ラインバランス最適化部の第2LBM部によるラインバランスの最適化前におけるタクト分布を示し、(b)は、最適化によるタスクグループの移動の様子を示し、(c)は、最適化後におけるタクト分布を示す。

【図11】ラインバランス最適化部の第2LBM部によるラインバランスの最適化手順を示すフローチャートである。

【図12】状態最適化部の小部品最適化部aによる小部品の実装順序最適化の概略手順を示すフローチャートである。

【図13】テトリスダイアグラムを説明するための図である。

【図14】(a)は、タスクグループ生成法によるテトリスダイアグラムの生成の対象となる部品の部品ヒストグラムであり、(b)は、(a)に示された部品ヒストグラムから生成されるテトリスダイアグラムである。

【図15】(a)は、部品ヒストグラムにおける未配置部分を示し、(b)は、(a)に示された部品ヒストグラムの未配置部分から生成されるテトリスダイアグラムを示す。

【図16】刈り上げ法によるテトリスダイアグラムの生成の対象となる部品の部品ヒストグラムである。

【図17】図16に示された部品ヒストグラムから、10個の部品並びの単位で部品を取っていく（刈り上げていく）様子を示す図である。

【図18】図17に示された刈り上げ後に残された部品を対象とする部品ヒストグラムである。

【図19】図18に示された部品ヒストグラムに対して、タスクグループ生成法に準じたダイアグラムの生成を行っている様子を示す図である。

【図20】刈り上げ法によってZ軸が決定された部品種についてのテトリスダイアグラムである。

【図21】図20に示されたテトリスダイアグラムに対応する（Z軸を変化させない再構築した）部品ヒストグラムである。

【図22】ランダム選択法による部品の装着順序の最適化の手順を示すフローチャートである。

【図23】ランダム選択法によって2つの実装点が入れ替えられる様子を示す図である。

【図24】交差解消法により部品の装着順序を最適化する様子を示す図であり、(a)は、折れ線の交差が解消される前の装着順序を示し、(b)は、折れ線の交差が解消された後の装着順序を示す。

【図25】戻り軌跡法によりタスクの順序を最適化する際に生成される作業ヘッドの移動軌跡(実装経路)を示す図である。

【図26】同一位置の複数の吸着パターンが含まれる場合における戻り軌跡法で生成される作業ヘッドの移動軌跡を示す図である。

【図27】(a)は、汎用部品最適化部による汎用部品の実装順序を最適化する際の手順を示すフローチャートであり、(b)は、その最適化による最適解の探索アプローチを説明するための状態vsタクトの関係を示す図である。

【図28】図27(a)に示された山登り法による最適化(ステップS551、S553)の詳細な手順を示すフローチャートである。

【図29】図27(a)に示されたマルチカノニカル法による最適化(ステップS552)の詳細な手順を示すフローチャートである。

【図30】(a)は、汎用部品最適化部が用いている中間表現の具体例を示し、(b)～(e)は、に示された中間表現の意味(Z軸配列への変換)を示す図である。

【符号の説明】

10 電子部品実装システム

20 回路基板

100 部品実装装置

110、120 実装ユニット

112 作業ヘッド

112a～112b 吸着ノズル

113 XYロボット

114 部品カセット

115a、b 部品供給部

116 認識カメラ

117 トレイ供給部

118 シャトルコンベヤ

119 ノズルステーション

300 部品実装順序最適化装置

301 入出力制御部

302 表示部

303 入力部

304 部品グループ生成部

305 ラインバランス最適化部

305a LBM部

305b LBM部

305c LBM部

306 状態最適化部

306a 小部品最適化部

306b 汎用部品最適化部

306c 最適化エンジン部

307 データベース記憶部

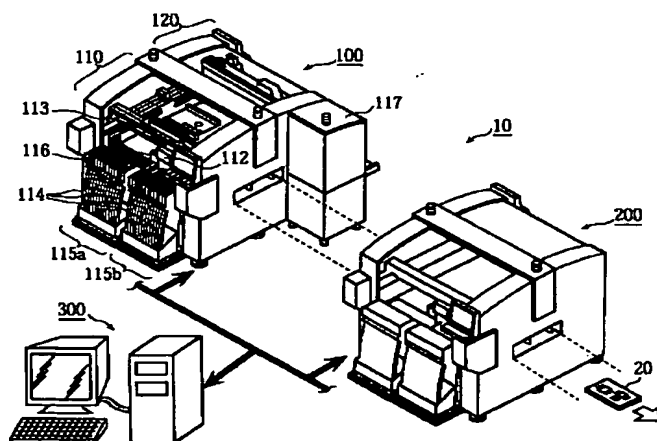
307a 実装点データ

307b パーツライブラリ

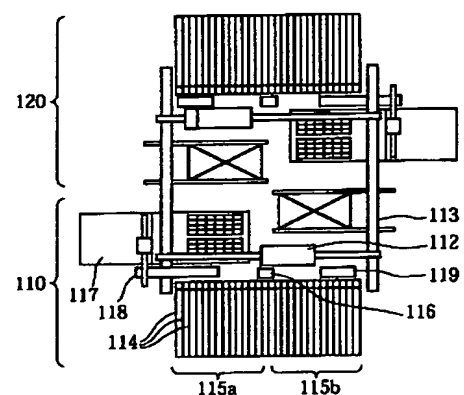
307c 実装装置情報

308 通信I/F部

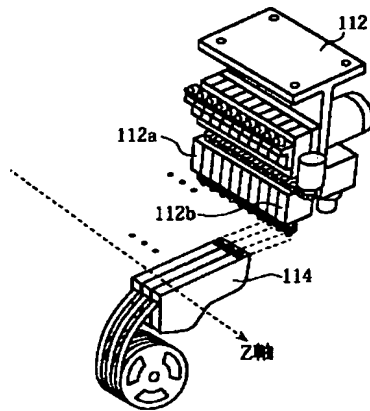
【図1】



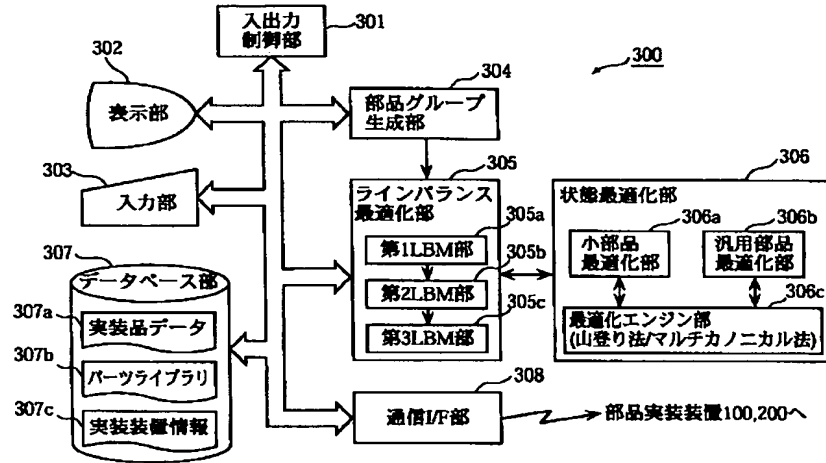
【図2】



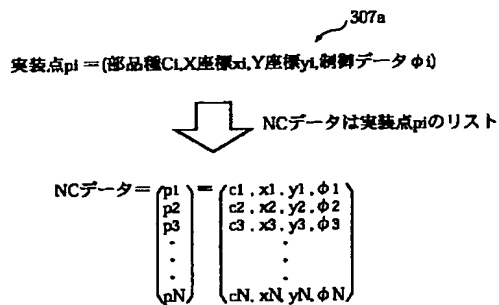
【図3】



【図4】












【図5】



【図6】

307b

部品名	(部品外観)	部品サイズ(mm)			2次元 認識方式	吸着 ノズル	タクト (秒)	速度 XY
		X	Y	L				
0603CR		0.6	0.3	0.25	反射	SX	0.086	1
1005CR		1.0	0.5	0.3-0.5		SA	0.094	
1608CR		1.6	0.8	0.4-0.8		S	0.11	
2012CR		2.0	1.25	0.4-0.8				
3216CR		3.2	1.6	0.4-0.8				
4TR		2.8	2.8	1.1		円筒 チップ	0.11	
6TR		4.3	4.5	1.5				
1TIP		2.0	φ1.0	—				
2TIP		3.6	φ1.4	—		S	0.11	
1CAP		3.8	1.9	1.6				
2CAP		4.7	2.6	2.1				
3CAP		6.0	3.2	2.5		M	0.13	
4CAP		7.3	4.3	2.8				
SCAP		4.3	4.3	6.0				
LCAP		6.6	6.6	6.0		ML	0.13	
LLCAP		10.3	10.3	10.5				
1VOL		4.5	3.8	1.6-2.4				
2VOL		3.7	3.0	1.6	M	0.13		
3VOL		4.8	4.0	3.0				

【図7】

ユニットID	ヘッド情報	ノズル情報	カセット情報	トレイ情報
110	10ノズルヘッド	SX,SA,...	96個	8段
120	10ノズルヘッド	なし	96個	なし
210	4ノズルヘッド	S,M,...	48個	なし

【図8】

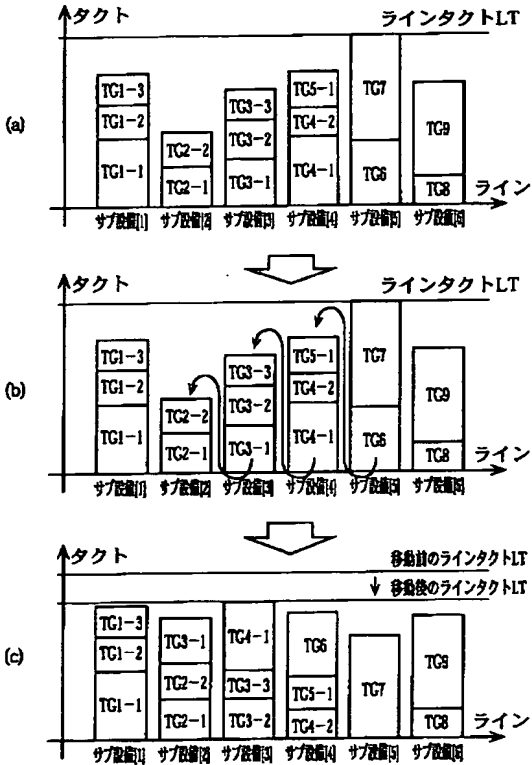
部品グループ	部品厚み(Tmm)	ノズル	供給形態
G [1]	$0 < T \leq 0.25$	SX	カセット
G [2]	$0.25 < T \leq 0.3$	SX	カセット
G [3]	$0.3 < T \leq 0.35$	SA	カセット
G [4]	$0.35 < T \leq 0.4$	SA	カセット
G [5]	$0.5 < T \leq 4$	S	カセット
G [6]	$0 < T \leq 4$	-	-
G [7]	$0 < T \leq 4$	-	-
G [8]	$4 < T \leq 25$	-	-
G [9]	$4 < T \leq 25$	-	-

(a)

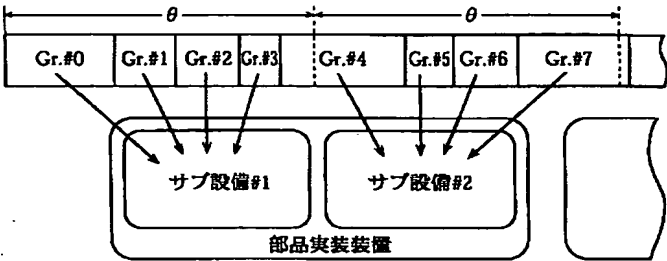
部品種	k1	k2	k3	kM
員数	h1	h2	h3	hM

(b)

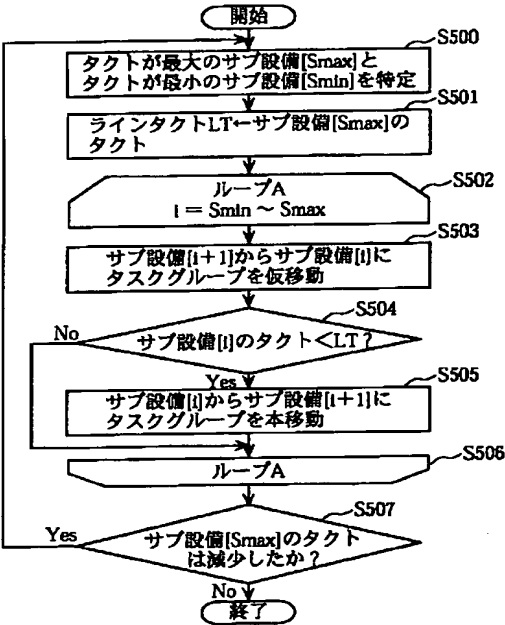
【図10】



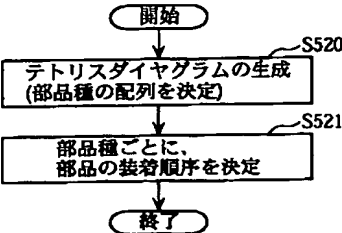
【図9】



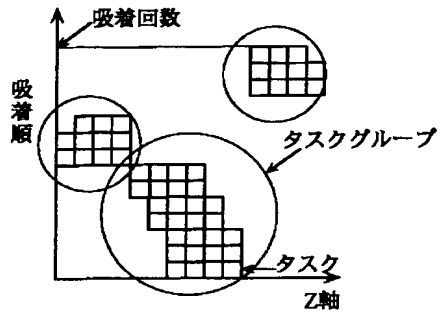
【図11】



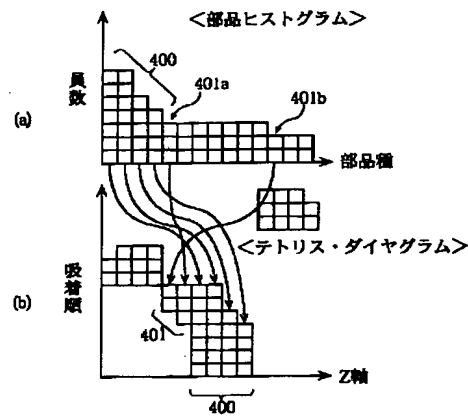
【図12】



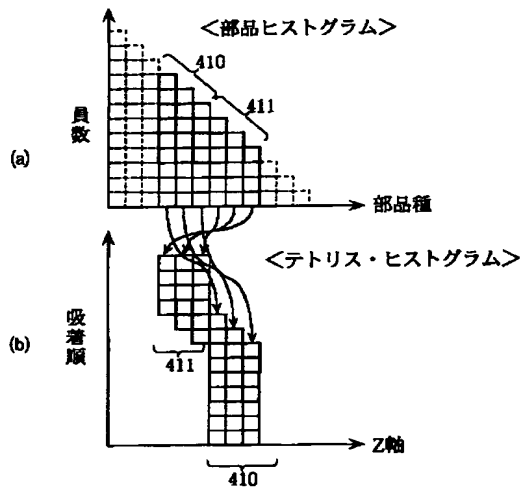
【図13】



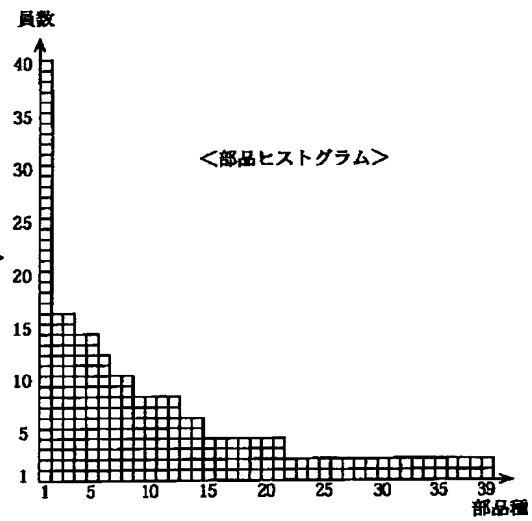
【図14】



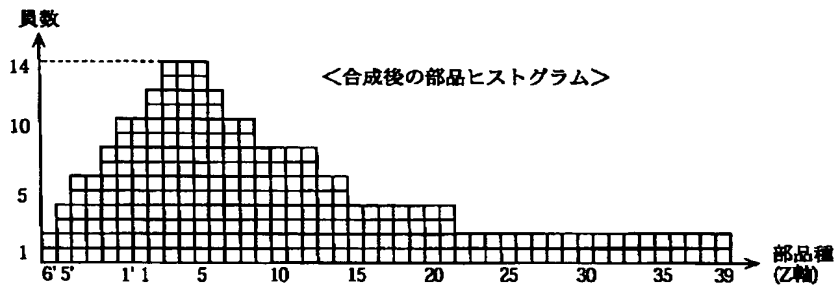
【図15】



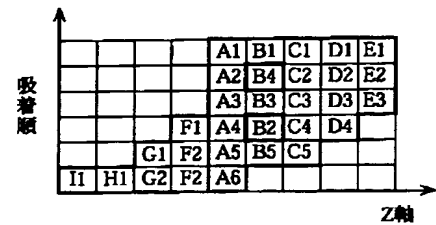
【図16】



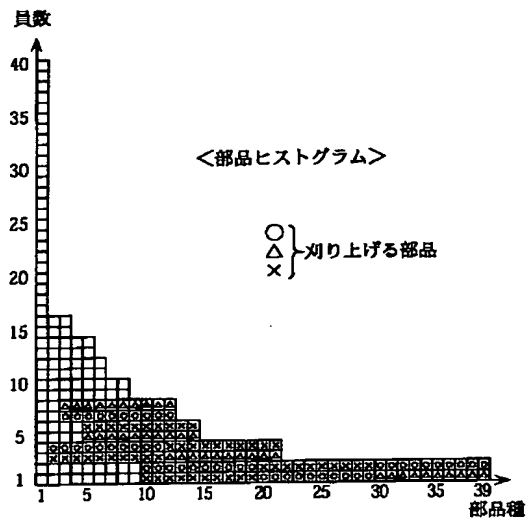
【図21】



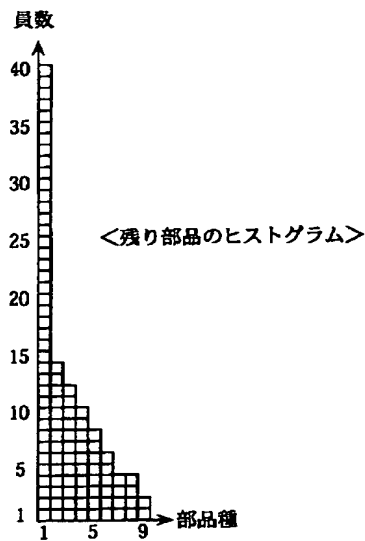
【図23】



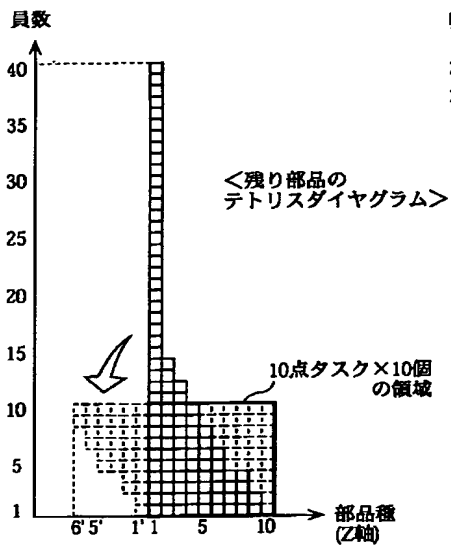
【図17】



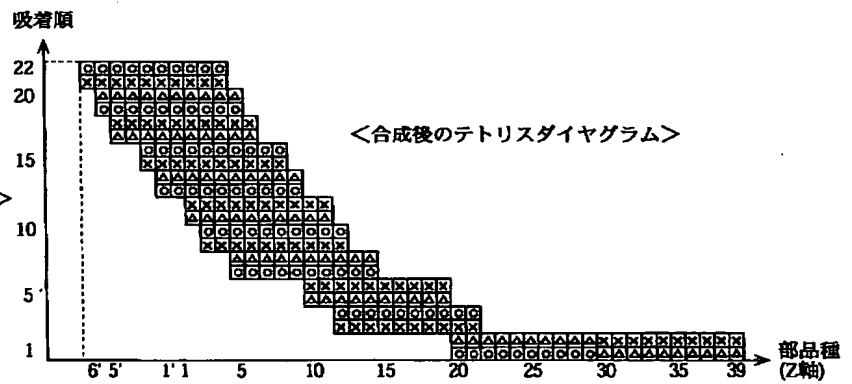
【図18】



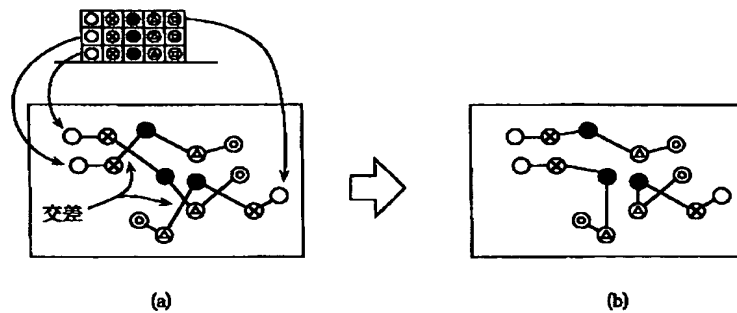
【図19】



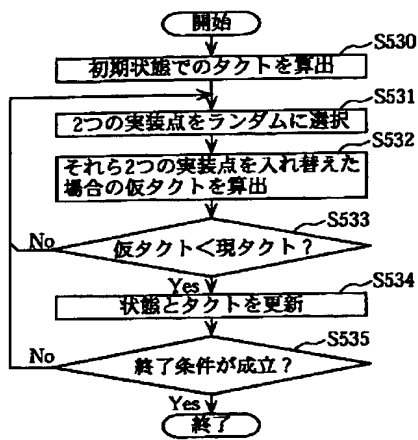
【図20】



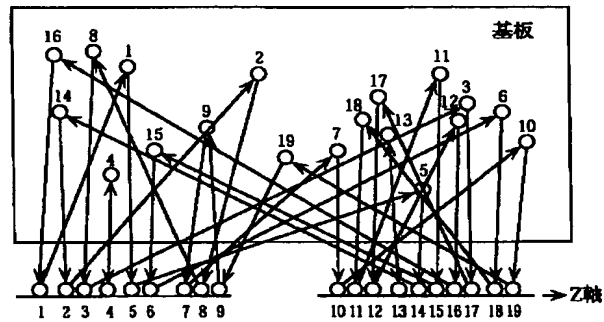
【図24】



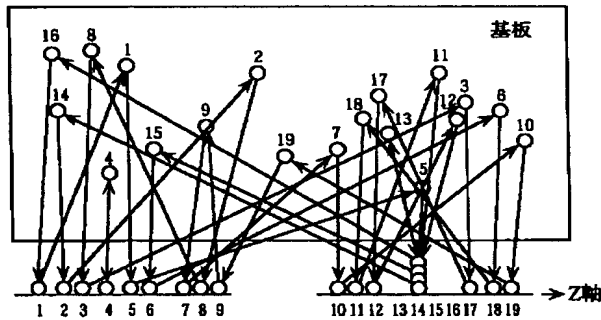
【図22】



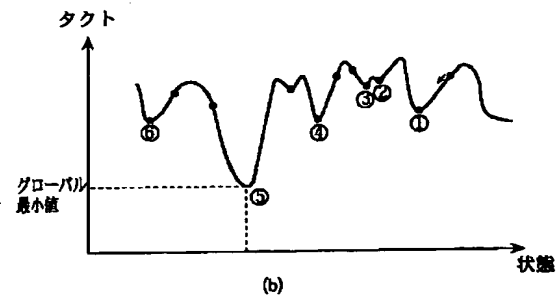
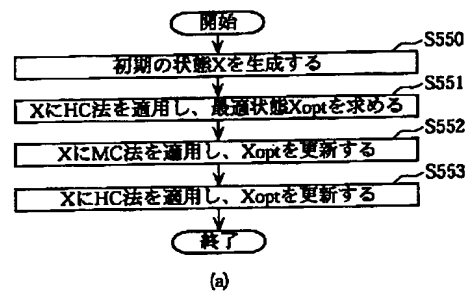
【図25】



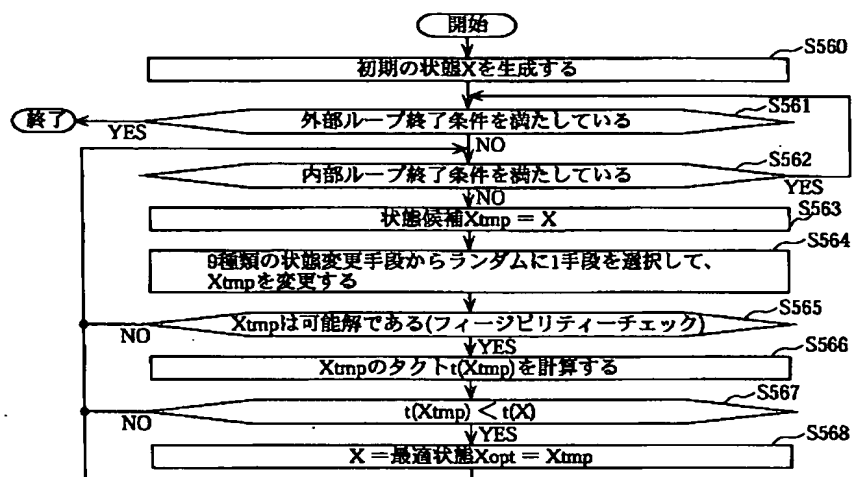
【図26】



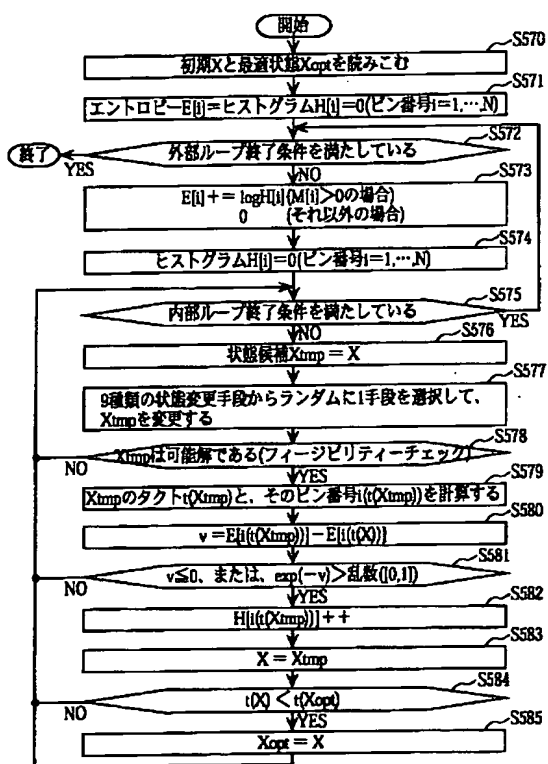
【図27】



【図28】



【図29】



【図30】

タスクグループ番号 <i>i</i>				部品種数M[i]	Gorder[i]	block[i]	Corder[i][j]																	
							j=1	2	3	4	5	6												
(a)	1				3	4	右	1	3	2														
	2				6	1	右	5	3	2	6	1	4											
	3				4	3	左	2	1	4	3													
	4				3	2	左	3	2	1														
Corder[i]=1であるタスクグループ2を配属する																								
(b)	...	31	33	35	37	39	41	43	45	47	Z番号			49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	...
											部品種番号 <i>j</i>													
											タスクグループ番号 <i>i</i>													
Corder[i]=2であるタスクグループ4を追加配置する																								
(c)	...	31	33	35	37	39	41	43	45	47	Z番号			49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	...
											部品種番号 <i>j</i>													
											タスクグループ番号 <i>i</i>													
Corder[i]=3であるタスクグループ3を追加配置する																								
(d)	...	31	33	35	37	39	41	43	45	47	Z番号			49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	...
											部品種番号 <i>j</i>													
											タスクグループ番号 <i>i</i>													
Corder[i]=4であるタスクグループ1を追加配置する																								
(e)	...	31	33	35	37	39	41	43	45	47	Z番号			49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	...
											部品種番号 <i>j</i>													
											タスクグループ番号 <i>i</i>													

フロントページの続き

(72)発明者 森本 正通

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 金道 敏樹

神奈川県川崎市多摩区東三田3-10-1
松下技研株式会社内

(72)発明者 志田 武彦

神奈川県川崎市多摩区東三田3-10-1
松下技研株式会社内Fターム(参考) 5E313 AA15 DD02 DD03 DD15 DD32
DD50 EE02 EE24 EE50